



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Greete Kahu**

**MULLAHARIMISE JA VÄETAMISE MÕJU**

**VIHMAUSSIKOOSLUSELE**

**SOIL TILLAGE AND FERTILISATION EFFECT ON**

**EARTHWORM COMMUNITIES**

Magistritöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendajad: Endla Reintam, *PhD*

Liina Talgre, *PhD*

Tartu 2017

# LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Greete Kahu		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Mullaharimise ja väetamise mõju vihmaussikooslusele			
Lehekülgi: 54	Jooniseid: 10	Tabeleid: 7	Lisasid: 0
Osakond: Mullateaduse ja agrokeemia osakond Uurimisvaldkond: B410 Mullateadus, põllumajanduslik hüdroloogia Juhendaja(d): Endla Reintam, Liina Talgre Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2017			
<p>Käesoleva magistritöö eesmärk oli uurida, kuidas mõjutavad mahe- ja tavaviljeluse külvikordades mullaharimine, talvised vahekultuurid, väetamine ja põhikultuurid vihmausside arvukust ja biomassi. Vihmaussid koguti septembrikuus Tartumaal Eerikale rajatud katsealadelt ning kahe Lõuna-Eestis asuva tootmisettevõtte Hummuli Agro OÜ ja Rannu Seeme OÜ tootmispõldudelt. Saadud tulemusi võrreldi varasemalt kirjandusest välja toodud katsete tulemustega. Eerika katsepõllu katsevariandid jagunesid järgnevalt: Mahe 0 – maheviljeluse kontroll (vahekultuurideta); Mahe I – talvised vahekultuurid haljasväetisena; Mahe II – vahekultuurid koos sõnnikuga 40 t ha<sup>-1</sup>; Tava 0 – tavaviljeluses kontrollvariant, kus teostati taimekaitseteid; Tava 150 – intensiivselt väetatud (N150P25K95) ning samuti kasutati taimekaitsevahendeid. Külvikorras olid: punane ristik „Varte“, oder „Anni“ punase ristiku allakülviga, kartul „Maret“, hernes „Tudor“ (2016. aastal „Starter“) , talinisu „Fredis“. Vihmaussid koguti käsitsi kaevest mõõtudega 40x40 ja 20 cm sügavuselt neljas korduses. Tootmispõldude Hummuli Agro OÜ katses võrreldi lägaga väetatud ning lägata varianti. Rannu Seeme OÜ tootmispõldude katses võrreldi küntud ja minimeeritud harimisega põlde. Vihmaussid koguti tootmispõldudelt käsitsi kaevest mõõtudega 20x20 ja 30 cm sügavuselt, kolmes korduses. Eerika katsepõllu töö tulemusena selgus, et kasvatatavatest kultuuridest omasid positiivset mõju vihmausside</p>			

arvukusele ja biomassile hernes ja talinisu. Vihmausside väiksem arvukus ja mass oli kartuli ja ristiku allakülviga odra kasvatamisel. Talviste vahekultuuride kasvatamine haljasväetisena ning kompostitud tahesõnnik suurendasid vihmausside arvukust ja biomassi. Samas vähendas tavaviljeluses kasutatav mineraalväetis usside arvukust ja biomassi. Tootmispõldude võrdlusena oli minimeeritud harimisel arvukus veidi kõrgem võrreldes küntud alaga, kuid statistiliselt usutavat erinevust ei esinenud. Vedelsõnniku kasutamine suurendas vihmausside arvukust, kuid oluline statistiline mõju esines usside biomassile, mis tähendab paremat toitumist väetatud alal.

Märksõnad: vihmaussid, väetamine, mullaharimine, kultuurid

## ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Greete Kahu		Speciality: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: Soil tillage and fertilisation effect on earthworm communities			
Pages: 54	Figures: 10	Tables: 7	Appendixes: 0
Department: Department of Soil Science and Agrochemistry Field of research: B410 Soil Science, agricultural hydrology Supervisors: Endla Reintam, Liina Talgre Place and date: Tartu, 2017			
<p>The aim of the master theses was to study in organic and conventional farming how soil tillage, cover crops growth, fertilization and crops influenced the abundance and biomass of earthworms. Earthworms were collected in September at Eerika in Tartu County and from two south Estonian farms Hummuli Agro OÜ and Rannu Seeme OÜ. The results were compared with the earlier studies found in literature. The treatments in Eerika experiment were as following: Organic 0 – organic farming control plot; Organic I – cover crops as green fertilisers; Organic II – cover crops and manure (40 t per ha <sup>-1</sup> on average per rotation) used; Conventional 0 – conventional farming control plot where pesticides were used; Conventional 150 – intensive fertilisation (N150P25K95) and pesticides used. The crops in the rotation were: pea <i>Tudor</i> (2016 <i>Starter</i>), potato <i>Maret</i>, barley <i>Anni</i> with red clover undersowing, red clover <i>Varte</i>, winter wheat <i>Fredis</i>. The earthworms were collected by hand from the pits with measures of 40 by 40 cm from the depth of 20 cm four times. In farm Hummuli Agro OÜ compared experiment were taken from fields which were fertilized with and without slurry. In Rannu Seeme OÜ farm experiment compared ploughed and minimal tillage fields. The earthworms were collected by hand from the pits with measures of 20 by 20 cm from the depth of 30 cm thrice. The result of Eerika field experiment revealed that pea and winter wheat had positive effect on the abundance and</p>			

biomass of the earthworms. The lowest number and mass of earthworms was in the plots with potato and barley with clover undersowing. Winter cover crops as green fertilizer and composted manure had a favorable effect on earthworms' abundance and biomass. While in conventional farming used mineral fertilizer decreased earthworms' abundance and mass. The results of two South Estonia fields' experiments revealed that in minimal tillage field earthworm abundance was slightly larger than in field which was ploughed. However, there were no statistical significant difference between ploughed and minimal tillage fields. Use of slurry increased earthworm abundance, but statistical significant effect was on biomass of earthworms, which refers to more favorable habitats.

Keywords: earthworms, fertilisation, soil tillage, crops

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	7
TÄNUAVALDUS .....	9
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	10
1.1. Mulla omaduste mõju vihmaussidele .....	12
1.2. Erinevate põllumajandustööde mõju vihmaussidele .....	14
1.3. Kultuuride mõju vihmaussidele.....	16
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	18
2.1. Eerika katseala.....	18
2.2. Tootmispõldude katsealad.....	20
2.3. Ilmastiku andmed.....	21
2.4. Andmeanalüüs.....	22
3. TULEMUSED .....	23
3.1. Eerika põldkatse .....	23
3.1.1. Kultuuride ja väetusvariandi mõju vihmausside arvukusele ja biomassile.....	23
3.1.2. Eerika katsepõldude mulla happesus, temperatuur ja veesisaldus.....	31
3.2. Tootmispõldude katsealad.....	34
4. ARUTELU .....	37
4.1. Vihmaussikooslus tootmispõldudel ja Eerika põldkatsel .....	37
4.2. Mullaharimise ja väetamise mõju vihmausside arvukusele ja biomassile .....	38
4.3. Kultuuride mõju vihmausside arvukusele ja biomassile .....	40
4.4. Mullaomaduste mõju vihmausside arvukusele ja biomassile .....	42
KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED .....	45
KASUTATUD KIRJANDUS .....	47
SOIL TILLAGE AND FERTILISATION EFFECT ON EARTHWORM COMMUNITIES.....	53

## SISSEJUHATUS

Tänapäeval toimub pidev maakasutuse intensiivistamine, mis omakorda mõjutab mullaorganismide elutegevust. Vihmaussikooslus on hea indikaator maakasutuse mõju uurimiseks, kuna neid on mullas palju ning nad on otseselt mõjutatud erinevatest põllumajandustöödest. Samuti mängivad vihmaussid suurt rolli mulla kujunemisel ja mulla struktuuri säilitamisel (Edwards 2004). Nad suurendavad mulla poorsust, õhustavad mulda, parandavad veehoiuvõimet (Edward, Bohlen 1996) ja toitainete kättesaadavust mullas (Edward, Bohlen 1996) ning suurendavad seeläbi taimekasvu (Brown *et al.* 2004).

Eestis on leitud 13 liiki vihmausse, kes elutsevad erinevates sügavustes. Vastavalt elupaikadele jaotatakse vihmaussid kolme ökoloogilisse rühma – epigeilised, aneetsilised ja endogeilised liigid. Epigeilised liigid elutsevad mulla pinnal ning ei moodusta käike. Aneetsilised liigid elutsevad sügavamates mullakihtides asuvates urgudes ning tulevad mullapinnale sööma. Endogeilised liigid elustsevad mullapinna lähedal ning teevad horisontaalseid käikude süsteeme. Põllumuldades elutsevad valdavalt endogeilised isendid, kuna nad on põllumajandustegevuse suhtes tolerantsemad. Aneetsiliste liikide elutegevust häirivad kündmine ja kemikaalide kasutamine, kuna sellega lõhutakse vihmausside urud ja halvendatakse toidu kvaliteeti. Epigeilised liigid on tundlikumad, kui aneetsilised, kuna nad elutsevad mullapinnal ning on kõige rohkem mõjutatud põllumajandustegevusest (Ivask *et al.* 2007), nagu näiteks mullaharimine ja väetamine.

Peale selle mõjutavad erinevad põllumajandustööd mullaomadusi nagu näiteks mulla happesust, -niiskust, aga ka orgaanilise aine sisaldust, mis omakorda mõjutavad vihmausse. Orgaanilise aine sisaldus mullas sõltub ka kasvatatavatest kultuuridest, mis on vihmaussidele toiduallikaks. Seega on oluline uurida nii mulla omaduste, põllumajandustööde kui ka kultuuride mõju vihmaussidele, hindamaks inimtegevuse mõju mullale.

Käesoleva töö eesmärkideks on lähtuvalt hüpoteesidest uurida mahe- ja tavaviljeluse külvikordades mullaharimise, talviste vahekultuuride, väetamise ja põhikultuuride mõju vihmausside arvukusele ja biomassile.

Eelnevast tulenedes on püstitatud neli hüpoteesi:

- Minimeeritud harimine suurendab vihmausside arvukust ja biomassi;
- Vedelsõnniku kasutamine vähendab vihmausside arvukust ja biomassi;
- Talvised vahekultuurid ja kompostitud tahesõnnik suurendavad vihmausside arvukust ja biomassi;
- Mineraalväetiste kasutamine vähendab vihmausside arvukust ja biomassi.

Käesolev magistritöö on jätk 2015. aastal kaitstud bakalaureusetööle pealkirjaga „Viljelusviisi ja väetamise mõju vihmaussikooslusele“, milles uuriti taimekaitsevahendite, talviste vahekultuuride, väetamise ja põhikultuuride mõju vihmausside mitmekesisusele, arvukusele ja biomassile.



## **TÄNUAVALDUS**

Töö autor tänab oma juhendajaid Endla Reintami ja Liina Talgret lõputöö juhendamise, kasulike nõuannete ja märkuste eest.

Uurimistöö on tehtud ERA-Net Core Organic II TILMAN-Org, ERA-Net Core Organic Plus FERTIL CROP, Horosont2020 projekti iSQAPER, Eesti Teadusagentuuri SF0170057s09 ja Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise 8-2/T13001PKTM projektide toel.

## 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Vihmausse peetakse sobivateks maakasutuse ja mullaviljakuse indikaatoriteks. Enamik vihmaussiliike on kohanenud konkreetse elupaigaga. Vihmaussid võivad elada taimejäänustes, mullas, mudas, sõnnikus, kompostis, puukoore või mädanenud puidu all (Paoletti 1999). Eestis on leitud 13 vihmaussiliiki – harilik mullauss (*Aporrectodea caliginosa*), roosa mullauss (*Aporrectodea rosea*), harilik vihmauss (*Lumbricus terrestris*), suur mullauss (*Aporrectodea longa*), roheline mullauss (*Allolobophora chlorotica*), sinakas soouss, (*Octolasion cyaneum*), piimjas soouss (*Octolasion lacteum*), punane vihmauss (*Lumbricus rubellus*), nelikant-kaldauss (*Eiseniella tetraedra*), tume vihmauss (*Lumbricus castaneus*), harilik sõnniku-uss (*Eisenia foetida*), kaheksakant-kõduuss (*Dendrobaena octaedra*) ja peen kõduuss (*Dendrodrilus rubidus*) (Timm 1999). Nendest seitse liiki vihmausse esineb põllumuldades (Ivask 2006).

Vihmausse peetakse mullas bioindikaatoriteks, kuna nende arvukus on suur. Nad on suhteliselt vähe liikuvad, täielikus kokkupuutes substraatidega, milles nad elavad ja toituvad (Edward, Bohlen 1996). Vihmaussid mõjutavad mulda positiivselt jaotades orgaanilist ainet ja tehes käike mulda, tuues sellega mulla ülemistesse kihtidesse aluspinna kihte (Edward, Bohlen 1996). Mõned liigid teevad püsiurgusid, samas teised liiguvad ebaregulaarselt läbi mulla, jättes maha erineva suurusega lõhesid ja pragusid (Edwards 2004). Uss suurendab mulda segades mulla poorsust, õhustab mulda, parandab veehoiuvõimet (Edward, Bohlen 1996) ning samuti toitainete kättesaadavust mullas (Edward, Bohlen 1996).

Vihmaussid eemaldavad osaliselt lagunenu taimejäänused ja kõdu mulla pinnalt (Edwards, Bohlen 1996) ning liikudes läbi mulla jätavad vihmaussid endast maha koproliide (Edwards 2004). Taimejäänused ja muld neelatakse ja lagundatakse ning segatakse seedekulglas olevate seedeensüümide poolt. Vihmausside väljutatud koproliidid parandavad lämmastiku, fosfori, kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi kättesaadavust mullast (Pierzynski *et al.* 2005). Seeläbi kiirendavad ussid orgaanilise aine mineraliseerumist ning muudavad toitained taimedele kättesaadavaks (Edwards, Bohlen 1996).

Vihmaussid suurendavad mulla poorsust luues püsivad käigud ja parandades mulla struktuursust. Tänu poorsuse suurendamisele väheneb mulla tihenemine ning paraneb ka gaasivahetus atmosfääriga (Duiker, Stehouwer 2008). Mitmed autorid (Blanchart *et al.* 1997; Ketterings *et al.* 1997) on märganud vihmausside positiivset mõju mulla struktuurile, eriti mulla agregaatidele. Kui toit läbib vihmaussi seegekulgla, segatakse erinevad mineraalosakesed, orgaanilise aine ja mulla agregaadid ning tänu sellele paraneb mulla niiskus- ja veerežiim. Seega on koproliididega seotud mullaosakesed stabiilsemad (Edwards 2004). Samas on leitud, et vihmaussi tegevus ei paranda alati mullasüsteemi. Teatud tingimustes võivad mulla pinnal olevad vihmaussi koproliidid suurendada mulla erosiooni, kuna nad on kergesti ärauhutavad (Binet, Le Bayon 1998).

Vihmaussid mõjutavad oma elutegevusega ka taimekasvu: suurendavad orgaanilise aine mineraliseerumist mullas, stimuleerivad mikroobide tegevust, reguleerivad kahjurite ja parasiitide tegevust ning muudavad mulla poorsust ja agregaatide, mis parandab taimejuurte vee ja hapniku kättesaadavust (Brown *et al.* 2004). Wurst (*et al.* 2005) uuris vihmausside mõju taimekasvule ja leidis, et vihmaussid suurendasid taimejuurte biomassi. Juurtel on võimalik mööda vihmaussikäike kasvada sügavamale mulda (Springett, Gray 1997). Samuti märgati katses vihmausside positiivset mõju karjamaa-raiheina võrsetele (Wurst *et al.* 2005). Vihmaussid suurendavad lämmastiku mineraliseerumist orgaanilisest ainest, mida võib seostada võrsete kasvuga. Vihmausside soolestikust ja koproliididest on leitud lämmastikku fikseerivaid mikroorganisme, mis omakorda tähendab suuremat lämmastiku fiksatsiooni mullas (Simek, Pizl 1989). Fonte (*et al.* 2007) leidis samuti, et vihmaussid suurendavad süsiniku ja lämmastiku liitumist mulla makroagregaatidega. Marinissen ja Ruiter (1993) tõid välja, et vihmaussid annavad märkimisväärse panuse lämmastiku mineraliseerumisele.

Kuna vihmaussid valivad oma toitu, siis on nende soolestiku sisu sageli rikastatud orgaanilise aine ja toitainetega, mis omakorda aktiveerib mikroobide tegevust mullas (Winsome, McColl 1998). Ivask (*et al.* 2006a) leidis seirepõldude hindamisel, et mida suurem on vihmausside arvukus, seda kõrgem on mikroobikoosluse aktiivsus. Kasulike mikroobide elutegevuse aktiveerimine, vihmaussi toitumine, urud ja koproliidid on kaudsed mulla keskkonna mõjud, mis mõjutavad kahjureid ja parasiite. Usside tegevus muudab taimed rohkem või vähem vastuvõtlikumaks kahjuritele, parasiitidele ja patogeenidele. Peale selle mõjutavad vihmaussid otseselt haigustekitajaid neid oma soolestikus seedides. See on eriti oluline siis, kui haigus või nematood on avaldanud juba

mõju saagikusele (Brown *et al.* 2004). Elmer (2012) leidis kasvuhoone katses, et vihmaussi (*L. terrestris*) tegevus mullas vähendas tomatite haigestumist seenhaigustesse (*Fusarium*) 50-70%.

Samas on vihmaussil negatiivne efekt elusatele taimejuurtele, mida nad oma tegevusega vigastavad ja alla neelavad. Lisaks toimub interaktsioon ka vihmausside ja seemnete vahel (Brown *et al.* 2004). Grant (1983) leidis, et taimeseemnete kadu mullas võib olla ligikaudu 30%, kui need liiguvad läbi vihmausside soolestiku. Seemned võivad hävida vihmaussi lihasmao kokkutõmbumiste ja ensüümide aktiivsuse tõttu (Grant 1983). Sarnaselt leidis ka Eisenhauer (*et al.* 2009), et endogeilised vihmaussid võivad tugevalt mõjutada mullas olevat seemnete koosseisu.

### **1.1. Mulla omaduste mõju vihmaussidele**

Vihmausside elustikku, käitumist ja toiduallikat mõjutavad erinevad mulla omadused. Peamised tegurid, mis usse mõjutavad, on mulla orgaanilise aine sisaldus, mulla tüüp, mulla niiskus, mulla temperatuur, mulla happesus ja ka mulla soolsus (Edwards 2004; Ivask 2006).

Mullas avaldab vihmaussidele peamiselt mõju orgaanilise aine sisaldus. Orgaanilise aine sisaldus mõjutab vihmausside arvukust ja levikut (Curry 2004). Vihmausside arvukuse vähenemist võib tavaliselt seostada orgaanilise aine puudumisega mullas. Peamisteks orgaanilise aine allikateks vihmaussidele on taimejäänused mulla pinnal, kuid ka taimede juured ja orgaaniline väetis (Curry 2004). Orgaanilise aine sisaldust mõjutavad omakorda vegetatsiooniperioodil kasvatatud kultuurid.

Samuti mõjutab mulla temperatuur suuresti vihmausside kasvu, metabolismi, aktiivsust, hingamise intensiivsust ja paljunemist (Edwards, Bohlen 1996). Temperatuur määrab ka vihmausside koosseisu ja tegevuse mullas. Temperatuurivahemik, kus vihmaussid suudavad tegutseda, on kitsas. Optimaalne temperatuur on tavaliselt 10–20°C vahel parasvöötme ning 20–30°C troopilise piirkonna liikidel (Curry 2004). Samas taluvad eri liigid mulla temperatuure erinevalt. Madalaim temperatuur vihmausside jaoks parasvöötme piirkonnas on külmumispunkti lähedal. Maksimaalsed temperatuurid, milles

ussid suudavad elada, on näiteks harilikul vihmaussil 28°C ja harilikul mullaussil 26°C (Edwards, Bohlen 1996).

Lisaks temperatuurile on oluline osa mulla niiskusel. Vihmausside hingamine toimub läbi nende keha pindmise kihi. See võimaldab neil veest lahustunud hapnikku vastu võtta, mistõttu on mulla veesisaldus väga oluline (Edwards, Bohlen 1996). Kuna vihmausside kehast 75–90% sisaldab vett, siis liiguvad ussid veesisalduse vähenedes parema veesisaldusega aladele. Seega sõltub vihmausside aktiivsus ka mulla veesisaldusest (Edwards, Bohlen 1996).

Peale temperatuuri ja niiskuse mängivad olulist rolli veel mulla pH ja soolsus. Erinevad liigid eelistavad erinevaid pH vahemikke, ent väga vähe liike suudavad tegutseda väga happelistes muldades (pH madalam kui 4,3) (Edward, Bohlen 1996). Suurem osa parasvöötme liikidest leidub mullas, mille pH on vahemikus 5,0–7,4 (Curry 2004). Klok (*et al.* 2006) tõi välja, et pH muutmine seitsmelt neljale vähendas punase vihmaussi (eeldatavasti happesust taluv liik) kasvu 28%. Samuti on ussid mõjutatud kõrgest mulla soolsusest. Guzyte (*et al.* 2014) läbiviidud katse soolasisalduse mõjust vihmaussidele leidis, et soolasisalduse tõusul oli kahjulik mõju vihmausside kasvule, suremusele ja paljunemisele. Guzyte lisas, et soolsusel oli oluline statistiline mõju vihmausside biomassi vähenemisele.

Vihmausse mõjutab ka mulla lõimis ja mulla tüüp. Üldiselt on liivastel muldadel (rohkem kui 70% liiva), mis muutuvad kergesti kuivaks, aga ka tugevalt happelistel muldadel vihmausse eemale peletav toime (Paoletti, 1999). Liivmuldades varisevad ka usside käigud kinni, mistõttu eelistavad nad kergeid või keskmisi savimuldadeid (Ivask *et al.* 2006a). Lapied (*et al.* 2009) leidis samuti, et vihmausside arvukus ja biomass on savimuldades suuremad kui liivmuldades. Katses, kus võrreldi vihmausside arvukust ja massi Eesti haritavates muldades (rähk-, leostunud ja näivleetunud muld) leiti (Ivask *et al.* 2006, 2008), et suurim vihmausside arvukus ja mass esines näivleetunud mullas. Samas tõi autor välja, et antud mullatüübi iseloomulike tunnuste (pH, madal orgaanilise aine sisaldus) järgi oleks eeldatud madalaimat arvukust näivleetunud mullas. Suure arvukuse võis tagada kõrge sademete hulk antud katseaastal. Väikseim arvukus esines rähkmullas.

## 1.2. Erinevate põllumajandustööde mõju vihmaussidele

Inimeste tegevus võib tugevalt mõjutada mulla elustikku – vihmausside populatsiooni otseselt häirides või mulla keskkonda ning toiduvaru kaudselt mõjutades (Curry 2004). Kündmine, väetamine ja pestitsiidide kasutamine mõjutavad oluliselt vihmausside arvukust ja biomassi. Arvestades, et mullaharimisel minnakse üha enam kündmiselt otsekülvile või minimeeritud harimisele, on vihmaussidel oluline roll mulla kobestamisel ja säilitamisel. Minimeeritud harimine jätab koristusjäägid aastaringelt mullapinnale, mis parandab vihmausside elukeskkonda, kaitseb ilmastikumõjude eest, tagab vihmaussidele toidu ning tagab kaitse usside urgudele (Komatsuzaki 2008). Lisaks muudab see mulla füüsikalisi omadusi (nt mulla struktuuriagregaatide stabiilsust ning veehoiuvõimet) ja mulla orgaanilise aine sisaldust (Morris *et al.* 2010) ning vähendab tootmiskulusid (Soane *et al.* 2012). Kündmisega hävitatakse vihmausside käigud, taimejäänuseid viiakse sügavamale mulda ning seeläbi muutub ka mulla niiskusesisaldus ja temperatuur (Chan 2001).

Šotimaal korraldati katse, kus võrreldi sügavküнди ( $30\pm 35$  cm), tavalist küнди ( $15\pm 20$  cm), madalat küнди ( $12\pm 30$  cm) ning kündmata ala. Selgus, et vihmausside arvukus oli madalaim sügavkünni puhul. Kõrgeim arvukus esines kündmata alal (Gerard, Hay 1979). Pelosi (*et al.* 2014) võrdles Pariisi lähedal tehtud katses kolme mullaharimisviisi: kündmist ( $25\text{--}30$  cm), pindmist mullaharimist ( $<8$  cm) ja otsekülvi ( $< 3$  cm). Leiti, et küntud või pindmiselt haritud katsepõldude mullas oli vihmausside arvukus madalam võrreldes põlluga, millel teostati otsekülvi. Birkas (*et al.* 2004) leidis samuti, et otsekülvi aladel oli vihmausside arvukus ja biomass suuremad kui küntud aladel. Autor tõi välja, et oluline on vihmausse mitte häirida ja jätta taimejäänused mulla pinnale.

Peale eelnimetatute on veel mitmed uuringud (Berner *et al.* 2008; Lehocka *et al.* 2009; Peigne 2009; Overstreet *et al.* 2010; Pelosi *et al.* 2014; Moos *et al.* 2016) näidanud, et minimeeritud mullaharimisel on vihmaussidele positiivsem mõju võrreldes tavaharimisega (kündmisega). Samas reageerivad liigid kündmisele erinevalt. Mõningates uuringutes (Peigne *et al.* 2009; Pelosi *et al.* 2014) suurenes hariliku mullaussi (*Aporrectodea caliginosa*) arvukus küntud alal. Ivask (2010) tõi välja, et tugeva põllumajandusliku mõju korral väheneb elutingimuste suhtes tundlikumate liikide arvukus ja suureneb tolerantsemate liikide arvukus. Seega võib äärmuslikes tingimustes esineda mullas vaid üks ussiliik – harilik mullauss.

Peale kündmise teostatakse põldudel kultiveerimist ja randaalimist. Eelnimetatud tegevused mõjutavad sarnaselt kündmisele vihmaussikooslusi mehhaaniliselt. Mehhaaniline mõju võib olla nii positiivne kui ka negatiivne. Positiivne mõju seisneb mulla õhustamises ja taimejäänuste purustamises, mis segatakse omakorda mulla ülemiste kihtidega. Samas hävitatakse randaalimise ja kultiveerimise otsese tegevuse mõjul mullapinna lähedal olevad vihmaussid ning lõhatakse nende püsiurud (Ivask 2010).

Väetamine on samuti üks vihmausside arvukuse mõjutaja. Põllumajanduses kasutatakse nii orgaanilisi- kui ka mineraalväetisi. Samas on eelnimetatud väetiste kasutamisel kaudsed ja ka otsesed mõjud vihmaussidele. Kaudsed mõjud ussidele on mulla pH mõjutamine, mulla füüsikaliste omaduste muutmine, aga ka taimede produktiivsuse tõstmine, taimejäänuste tagastamine ning seeläbi mulla orgaanilise aine sisalduse muutumine. Otsesed mõjud vihmaussidele on nende aktiivsuse ja arvukuse suurendamine tänu heale toitainete kättesaadavusele. Ent vihmausside aktiivsus või arvukus võib väheneda mulla toksilisuse tõttu (Bünemann *et al.* 2006). Mineraalväetise mõju on vihmaussidele enamasti negatiivne. Positiivse mõjuga on see vaid juhul, kui mullas ei ole piisavalt toitaineid. Samuti taluvad erinevad liigid mineraalväetist erinevalt. Negatiivsed seosed on tundlikumate (punane vihmauss) ja mullapinna lähedal (epigeilised) tegutsevate liikidega (Ivask 2010).

Orgaaniline väetis suurendab vihmausside arvukust nende toiduallikat suurendades – see stimuleerib taimede kasvu ja seejärel on tagastatav taimejäänuste osakaal suurem. Juhul, kui vihmaussid on juba heades elutingimustes, siis ei suurenda orgaaniline ega mineraalne väetis vihmausside populatsiooni (Curry 2004). Ent suurtes kogustes vedela seasõnniku kasutamine võib vihmaussid stressi viia (Paoletti 1999), kuna nad on sõnnikus olevale ammoniaagi- ja soolakogusele tundlikud. Lisaks tekitab läga kasutamisel muret mulla saastumine raskmetallidega. Seasööta täiendatakse vase ja tsingiga, et suurendada põrsaste kasvu (Murchie *et al.* 2015). Ent vihmaussidele võib nende metallide kogunemine mulda olla mürgine (Lukkari *et al.* 2005; Streit 1984). Seega peetakse kõige paremaks orgaaniliseks väetiseks veisesõnnikut (Curry 2004).

Timmerman (*et al.* 2006) leidis, et väetamisel on statistiline oluline mõju vihmausside arvukusele ja biomassile. Autor võrdles kolme katsepõldu – väetamata, sõnnikuga väetatud ning lägaga väetatud põldu. Väetamata ja sõnnikuga väetatud aladel oli vihmausside keskmine arvukus >29% ning biomass 18% kõrgem, kui lägaga väetatud alad. Samas leidsid Edward ja Bohlen (1996), et vedelsõnniku negatiivne mõju on lühiajaline. Mitmed

autorid (Leroy *et al.* 2008; van Eekeren *et al.* 2009) on oma uuringutega näidanud veise läga ja sõnniku positiivset mõju vihmausside arvukusele ja biomassile.

Tänapäeva põllumajanduses on olulisel kohal pestitsiidide kasutamine. Taimekaitsevahendite mõju vihmaussidele sõltub pestitsiidi tüübist, kasutusnormist, vihmaussi liigist ja vanusest ning ka keskkonnatingimustest. Pestitsiidide kasutamine võib vähendada vihmausside arvukust ja aktiivsust. Selle tulemusena mõjutatakse mullaviljakust, mis omakorda võib mõjutada taime saagikust. Samuti mõjutab vihmausside populatsiooni vähenemine röövlomade (näiteks lindude) toiduallika hulka. Peale selle võivad vihmaussides olevad taimekaitsevahendi jäägid tekitada usse söövatel röövlomadel mürgistuse (Dureja, Tanwar 2012). Pestitsiidid võivad mõjuda toksiliselt või mõjuda vihmausside kasvule ja viljakusele (Paoletti 1999). Pestitsiidid sisenevad mulda pihustusjäädikena (Paoletti 1999) ning võivad kahjustada vihmausside DNA-d (Pelosi *et al.* 2014).

Herbitsiidid ja insektitsiidid ei ole vihmaussidele otseselt toksilised (Ivask 2010). Kaudse mõjuna vähendavad herbitsiidid orgaanilise aine kättesaadavust. Fungitsiididel on vähene mõju vihmaussidele, välja arvatud karbamaadipõhistel fungitsiididel, mis on ussidele toksilised (Edwards 2004). Pestitsiidide mõju oleneb ka vihmausside liigist. Epigeilised liigid, kes elutsevad maapinnal ja kõdus, on otseselt kemikaalide mõjualas. Aneetsilised liigid, kelle toit asub maapinnal, on kemikaalidele otseselt avatud (Ivask 2010). Ivask (2010) leidis, et pestitsiidide kasutamine mõjutab negatiivselt epigeiliste liikide arvu. Seega jäävad tundlikumate liikide kadumisel elutsema vaid tolerantsemad liigid.

### **1.3. Kultuuride mõju vihmaussidele**

Vihmausside populatsiooni arvukuse juures on oluline näitaja orgaanilise aine kogus mullas, mis on vihmaussidele toiduallikas. Orgaanilise aine kogus mullas sõltub kasvatatavast kultuurist, mille taimejäänused viiakse mulda. Mitmete katsete tulemusel on leitud seoseid kasvatatava kultuuri ja vihmausside arvukuse ning biomassi vahel. Edwards (2004) tõi välja, et teravilja taimejäänused stimuleerivad vihmausse enam kogunema kui liblikõieliste taimejäänused, kuna viimased lagunevad väga kiiresti. Vastupidiselt leidis Riley *et al.* (2008), et iga-aastane rohumaa ja ristik toodavad rohkem orgaanilist ainet võrreldes kartuli ja teraviljaga. Ristiku kasvatamine loob vihmaussidele head



elutingimused: toitainerikkad lehed stimuleerivad vihmausside aktiivsust ning juured tõstavad mulla poorsust (Riley *et al.* 2008).

Lauringson *et al.* (2011) võrdles haljasväetiste ja teravilja mõju vihmausside arvukusele, kus leiti, et teise aasta liblikõieliste katsepõllul oli ligi kolm korda rohkem usse kui teravilja mullas. Samuti tõi autor välja, et liblikõieliste haljasväetiste kultuuride kasvatamisel sõltub vihmausside arvukus ja biomass sellestki, kas mulda viiakse puhas-või allakülviga (põhk+liblikõielised) kultuur. Liblikõieliste puhaskülvi biomassi sissekünd tagab vihmaussidele soodsamad elutingimused. Schmidt ja Curry (2001) võrdlesid teravilja ja ristiku allakülviga teravilja põldu, kus kahel esimesel aastal ei olnud suuri erinevusi, ent peale seda tõusis vihmausside arvukus ja biomass märkimisväärselt kõrgemaks ristiku allakülviga teravilja põllus. Jordan (*et al.* 2004) leidis samuti, et liblikõielisel on positiivne mõju vihmausside arvukusele ja aktiivsusele.

Põhikultuuridele lisaks kasvatatakse ka orgaanika ja taimetoitainete varu täiendamiseks talviseid vahekultuure. Eelnimetatud kultuurid aitavad vältida taimetoitainete väljaleostumist, mis viidi enne külvikorrakultuuri mulda. Vahekultuuride kasvatamise peamised eesmärgid on mullastruktuuri ja mullaviljakuse parandamine, mullatihese likvideerimine, erosiooni vähendamine, mullaelustiku toitmine ja aktiveerimine, umbrohtumuse, taimekahjurite ja taimehaiguste vähendamine. Head vahekultuurid on sellised taimed, mis suudavad moodustada suuremat biomassi ja seeläbi täiendada oluliselt mulla orgaanilise aine varu (Talgre, Lauringson 2014). Tänu sellele suureneb vihmausside toiduallikas ja nende aktiivsus. Reintam (*et al.* 2013) tõi oma katses välja, et katsepõllul, kus kasvatati vahekultuure, oli vihmausside arvukus kaks korda kõrgem võrreldes aladega, kus vahekultuure ei kasvatatud. Antud kultuurid suurendavad vihmausside aktiivsust ja ka nende juurdekasvu.

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1. Eerika katseala

Käesolevas magistritöös kasutatav metoodika on autori 2015. aastal kaitstud bakalaureusetöö jätk. Vihmausside arvukuse ja biomassi analüüsiks valiti 2008. aastal rajatud Tartu maakonnas Eerikal asuv Eesti Maaülikooli tava- ja maheviljeluse katse. Katse toimus kerge liivsaviilõimisega (56,5% liiva, 34% tolmu ja 9,5% savi) pruunil näivleetunud mullal (*Stagnic Albic Luvisol*), mille huumushorisoni tusedus on 27–29 cm.

Katse viidi läbi 2014–2016. aasta sügisel. Viieväljalises külvikorras kasvatatavad kultuurid olid punane ristik (*Trifolium pratense* L.) „Varte”, punase ristiku „Varte” allakülviga oder (*Hordeum vulgare* L.) „Anni”, kartul (*Solanum tuberosum* L.) „Maret”, hernes (*Pisum sativum* L.) „Tudor” (2016. aastal sort „Starter”) ja talinisu (*Triticum aestivum* L.) „Fredis”. Põhikultuuride vahel kasvatati järgnevaid talviseid vahekultuure:

- kartuli järelkultuur oli talirukis
- herne järelkultuur oli talirüps
- talinisu järelkultuur oli talirüps + rukis

Kaeved vihmaussikoosluste kogumiseks teostati kolmes maheviljelussüsteemis (Mahe 0, Mahe I, Mahe II) ja kahes tavaviljelussüsteemis (Tava 0, Tava 150), kus katselapid paiknesid neljas korduses.

Proovid võeti neljast kordusest ning variandid, millest proovid võeti, olid järgmised:

- Mahe 0 kontroll;
- Mahe I talviste vahekultuuridega;
- Mahe II talviste vahekultuuridega + sõnnik 40 t ha<sup>-1</sup>;
- Tava 0 kontroll + pestitsiidid;
- Tava 150 (mineraalväetistega N<sub>150</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>) + pestitsiidid.

Mahe 0 süsteemis järgiti ainult külvikorda. Mahe I variandis kasvatati talviseid vahekultuure haljasväetisena põhikultuuride vahel. Mahe II variandis lisati kompostitud veisesõnnikut mõlemale teraviljale 10 t ha<sup>-1</sup> ja kartulile 20 t ha<sup>-1</sup> ning järgneval päeval toimus mahealade künd. 2014.–2016. aastal tehti mullaharimistöid sarnastel aegadel. Seejärel freesiti kaks korda odra, herne ja kartuli alasid. Maikuus külvati oder koos ristikuga ja hernes. Külville järgnes rullimine. Samuti teostati maikuus kartuli alade kultiveerimine ja vagude ajamine ning järgmisel päeval toimus kartuli mahapanek. Juuni algul äestati ristiku allakülviga oder, talinisu ja hernes. Augustis toimus koristus ning vahekultuuride külvamine ja külvi rullimine. Septembrikuus külvati talinisu.

Tavaviljeluse Tava 0 süsteemis järgiti külvikorda ning lähtuvalt kultuurist ja vajadusest teostati taimekaitsetöid. Tava 150 teostati taimekaitsetöid ning lisati väetist. Tavaviljeluses teostati aprilli alguses allakülviga odra, herne ja kartuli aladel libistamist ning kaks korda freesimist (aprilli lõpus ja mai alguses). Allakülviga oder ja hernes külvati enne väetamist. Mai algul lisati talinisu N150 alale 100 kg ha<sup>-1</sup> ning allakülviga odrale, hernele ja kartulile N<sub>150</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub> + 5 kg 33,4% ammooniumnitraati. Peale väetamist külvati kartul. Juuni algul lisati ammooniumnitraati allakülviga odrale 60 kg ha<sup>-1</sup>, talinisule 50 kg ha<sup>-1</sup> ja kartulile 90 kg ha<sup>-1</sup>. Juuniku keskpaigas said Tava150 odra ja kartuli alad 40 kg ha<sup>-1</sup> ammooniumnitraati. Taimekaitsetöödeks kasutati Secatori, MCPA, Ridomil Gold, Proteust ning Nemazali.

Erinevates katsevariantides varieerus mulla happesus (pH) vahemikus 5,6–6,0. Mullaproovid keemiliste omaduste määramiseks võeti kevadel aprillis. Vihmaussid koguti septembrikuus, kus kaeved tehti mõõtudega 40x40 ja 20 cm sügavusega. Proovid võeti vaid künnisügavuselt, kuna selles sügavuses mõjutatakse vihmausse kõige enam. Kaevatud muld asetati kaeve kõrval asuvale kilele, kus vihmaussid eraldati käsitsisorteerimise meetodil (Meyer 1996, viidatud: Ivask *et al.* 2006 vahendusel). Seejärel loendati vihmausside arvukus (tk m<sup>-2</sup>), määrati liigid ning kaaluti biomass (g m<sup>-2</sup>). Sügisel määrati mulla veesisaldus ning temperatuur perkomeetriga (Plakk 2006). Mulla happesus määrati 1M KCl (vahekord 1:2,5) lahuses.

## 2.2. Tootmispõldude katsealad

Tootmisettevõteteks valiti kaks Lõuna-Eesti tootja põldu – Hummuli Agro OÜ ja Rannu Seeme OÜ põllud. Vihmausside arvukuse ja massi määramine ning mullaproovide kogumine toimus 2016. aasta sügisel. Kaeved teostati mõõtudega 20x20 ja 30 cm sügavusega, kolmes korduses. Muld sorteeriti käsitsisorteerimise meetodil, mis asetati kaeve kõrvale kilele. Loendati vihmausside arvukus ( $\text{tk m}^{-2}$ ) ning kaaluti biomass ( $\text{g m}^{-2}$ ). Tootmispõldudel määrati mulla kõvadus penetromeetriga (mõõdeti penetromeetri takistus 0,4 m sügavuseni,  $1 \text{ cm}^2$   $60^\circ$  koonusega 10 torget 0,5 m raadiuses) (Eijkelkamp 2013).

Hummuli Agro OÜ põldudest valiti välja kaks tavaviljeluse põldu, millest üht väetati veise vedelsõnnikuga ja teist mitte. Ettevõtte põldudel toimub intensiivne tootmine, kus külvikord on planeeritud. 2016. aastal olid eelnimetatud põllud rohumaa all. Peale eeltoodud ettevõtte põldude valiti võrdluseks Lõuna-Eesti ettevõtte Rannu Seeme OÜ tavaviljeluse põldud, kus kõrvutati omavahel küntud ja minimeeritud harimist. Mullaharimissüsteeme on kasutatud pikaajaliselt ning analüüsi aastal kasvatati mõlemal katsepõllul teravilja.

**Tabel 1.** Hummuli Agro OÜ katsepõldude iseloomustused

	Lõimis	Variandid	Põllumajandus-süsteem	Kultuur	Põllumassiiv, koordinaadid
1.	Liivsavi ( <i>sandy loam Stagnic Luvisol</i> )	Väetatud, vedelsõnnik	Rohumaa, tavaviljelus, intensiivne tootmine	Karjamaa raihein, punane ristik, sööda heintaimed	62242017627  57°54'39.4"; 26°03'40.2"
2.	Saviliiv ( <i>loamy sand Stagniv Luvisol</i> )	Kontroll	Rohumaa, tavaviljelus, intensiivne tootmine	Karjamaa raihein, punane ristik, sööda heintaimed	62441712314  57°54'32.5"; 26°3'42.44"

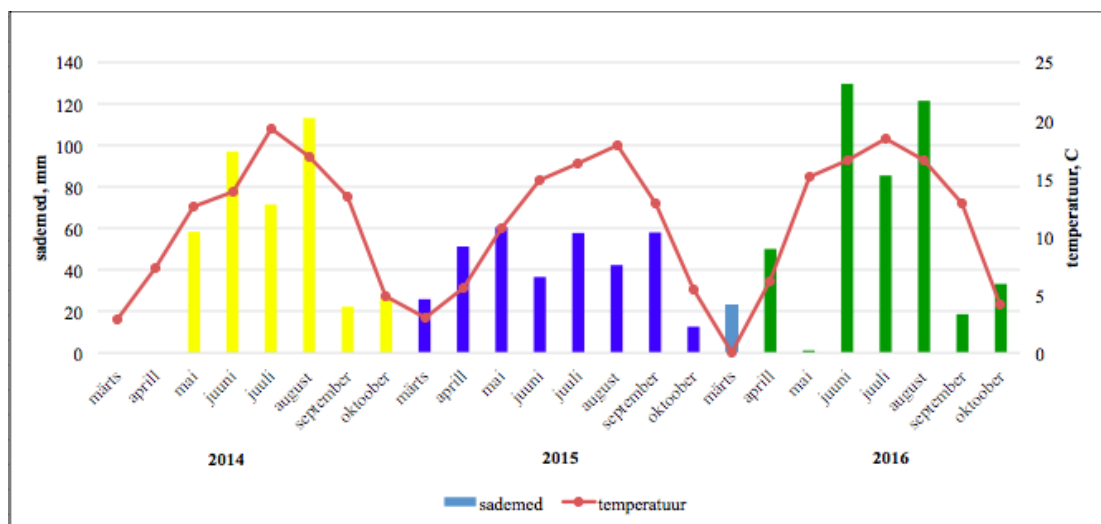
**Tabel 2.** Rannu Seeme OÜ katsepõldude iseloomustused

	Lõimis	Variandid	Põllumajandus-süsteem	Kultuur	Põllumassiiv, koordinaadid
1.	Liivsavi ( <i>sandy loam Stagnic Luvisol</i> )	Kündmine	Tavaviljelus, planeeritud külvikord	teravili	63346184800  58°16'7.09"; 26°16'52.84"
2.	Liivsavi ( <i>sandy loam Stagnic Luvisol</i> )	Minimeeritud harimine	tavaviljelus, planeeritud külvikord	teravili	63446042876  58°16'7.09"; 26°16'52.84"

Kõikidel katsealadel oli üldiselt läbivaks näivleetunud muld (LP). Lõimiseks saviliiv, kui ka kerge liivsavi lõimisega mullad. Huumushorisoni tüsedus varieerus 25...45 cm.

### 2.3. Ilmastiku andmed

Andmed sademete ja õhutemperatuuri kohta pärinevad E-ilmajaamast (joonis 1), mille andmed on mõõdetud Tartu füüsikahoone katusel (E-ilmajaam 2017).



**Joonis 1.** 2014.–2016. aasta keskmised õhutemperatuurid (°C) ja sademete hulk (mm) vegetatsiooniperioodil E-ilmajaama andmetel (E-ilmajaam 2017).

Septembrikuu õhutemperatuurid olid kõigil kolmel aastal sarnased, vahemikus 12,9–13,4°C. 2016. aastal oli sademete hulk märkimisväärselt kõrgem võrreldes 2015. ja 2014. aastaga. Viimasel katseaastal oli sademete hulk septembrikuus 18,5 mm, 2015. aastal 57,8 mm ning 2014. aastal 22,2 mm.

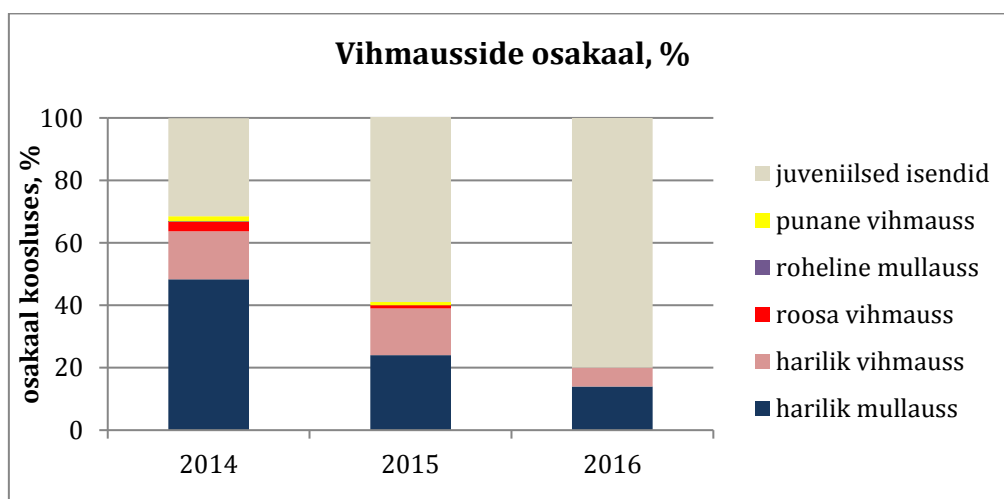
## **2.4. Andmeanalüüs**

Käesolevas töös kasutati vihmausside arvukuse ja biomassi andmete analüüsiks dispersioonanalüüsi (ANOVA), et kontrollida erinevate faktorite statistilist olulisust. Dispersioonanalüüs viidi läbi 95% usutavusnivoo juures. Lisaks ANOVA-le tehti Tukey HSD test, mille olulisuse nivooks võeti 0,05. Sellega teostati rühmade keskmiste omavaheline võrdlus. Andmete töötlemiseks kasutati programmi Statistica 12 ja R-statistics.

### 3. TULEMUSED

#### 3.1. Eerika põldkatse

Katses esines 2014...2016. aastal peamiselt kahte liiki vihmausse – harilik mullauss ja harilik vihmauss. Eerika katsepõldudel domineeris harilik mullauss. Samuti olid suure arvukusega juveniilsed isendid. 2014. aastal esines vähesel määral ka punast vihmaussi ja roosat mullaussi. Üksiku leiuna esines ka roheline mullauss ja tume vihmauss. 2015. aastal esines samuti vähesel määral punast vihmaussi ja roosat mullaussi. 2016. aastal esines ainult kaks peamist liiki – harilik mullauss ja harilik vihmauss ning juveniilsed isendid (joonis 2).



**Joonis 2.** Vihmaussiliikide osakaal arvukusest (%) uurimisalal kokku 2014...2016. aastal.

##### 3.1.1. Kultuuride ja väetusvariandi mõju vihmausside arvukusele ja biomassile

Oluline on kultuuride ja väetusvariandi ning nende koosmõju vihmausside arvukusele ja biomassile. Väetusvariandil esines statistiliselt oluline mõju vihmausside biomassile 2015.

( $p=0,009$ ) ja 2016. aastal ( $p=0,026$ ) ning arvukusele 2016. aastal ( $p=0,000$ ) (tabel 3). Kõigil kolmel aastal mõjutas vihmausside arvukust usutavalt kasvatav kultuur ning 2015. aastal mõjutas kasvatav kultuur vihmausside massi (tabel 3). Vihmausside arvukusele ja biomassile ei olnud statistiliselt usutavat koosmõju väetusvariandil ja kultuuril.

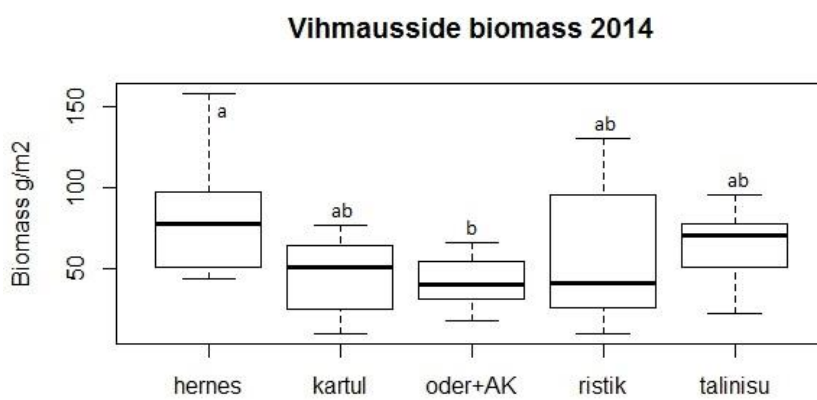
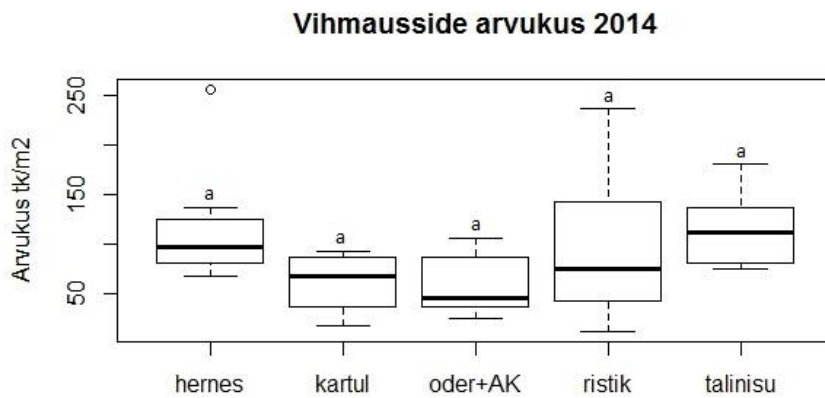
**Tabel 3.** Katsefaktorite mõju vihmausside arvukusele ja massile (ANOVA)

<i>p</i> -väärtus						
Faktor	2014		2015		2016	
	Arvukus (tk m <sup>-2</sup> )	Mass (g m <sup>-2</sup> )	Arvukus (tk m <sup>-2</sup> )	Mass (g m <sup>-2</sup> )	Arvukus (tk m <sup>-2</sup> )	Mass (g m <sup>-2</sup> )
Väetusvariant (A)	0,562	0,774	0,090	0,009*	0,000*	0,026*
Kultuur (B)	0,038*	0,095	0,000*	0,000*	0,003*	0,401
A x B	0,621	0,971	0,348	0,068	0,530	0,628

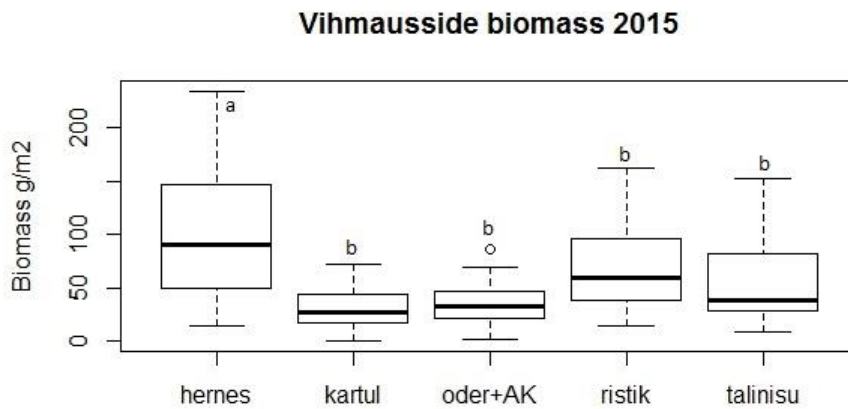
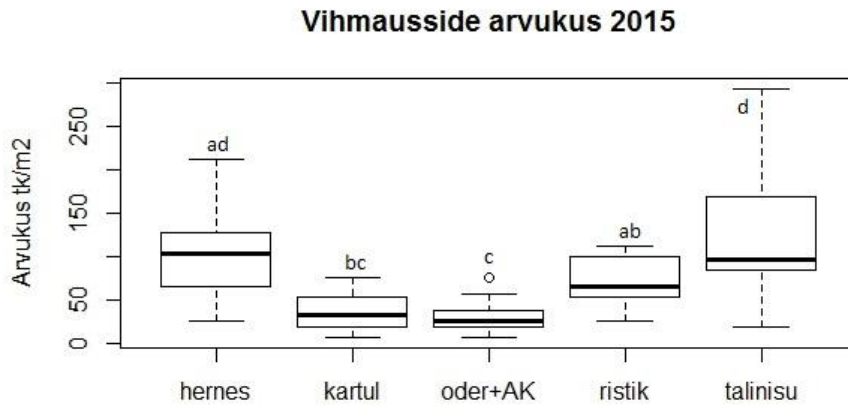
\* tähistab faktori või nende koosmõju usutavaid väärtusi 95% usutavusnivoo juures

Võrreldes vihmausside arvukuse ja biomassi erinevusi 2014.–2016. aastal sõltuvalt kultuurist, oli statistiliselt usutav erinevus olemas kõigil aastatel (joonis 3-5).

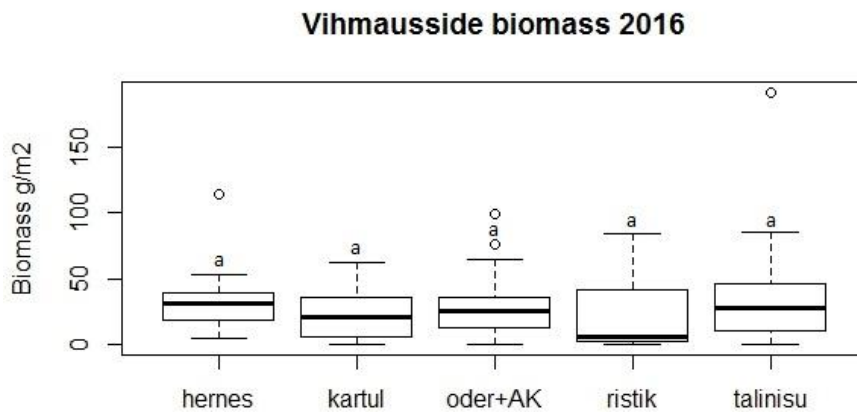
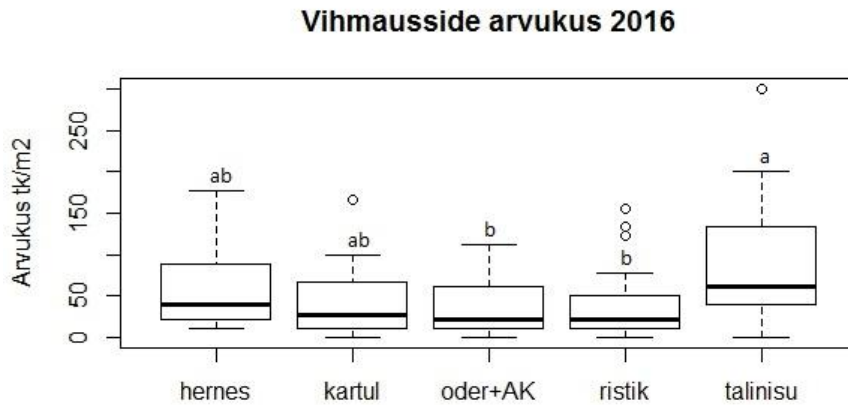




**Joonis 3.** Vihmausside keskmine arvukus (isendit  $m^{-2}$ ) ja biomass ( $g\ m^{-2}$ ) 2014. aasta sügisel sõltuvalt kultuurist väetusvariantide keskmisena. Erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi ( $p < 0,05$ ) Tukey meetodil kultuuride vahel katseaastal.



**Joonis 4.** Vihmausside keskmine arvukus (isendit m<sup>-2</sup>) ja biomass (g m<sup>-2</sup>) 2015. aasta sügisel sõltuvalt kultuurist väetusvariantide keskmisena. Erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi ( $p < 0,05$ ) Tukey meetodil kultuuride vahel katseaastal.



**Joonis 5.** Vihmausside keskmine arvukus (isendit m<sup>-2</sup>) ja biomass (g m<sup>-2</sup>) 2016. aasta sügisel sõltuvalt kultuurist väetusvariantide keskmisena. Erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi ( $p < 0,05$ ) Tukey meetodil kultuuride vahel katseaastal.

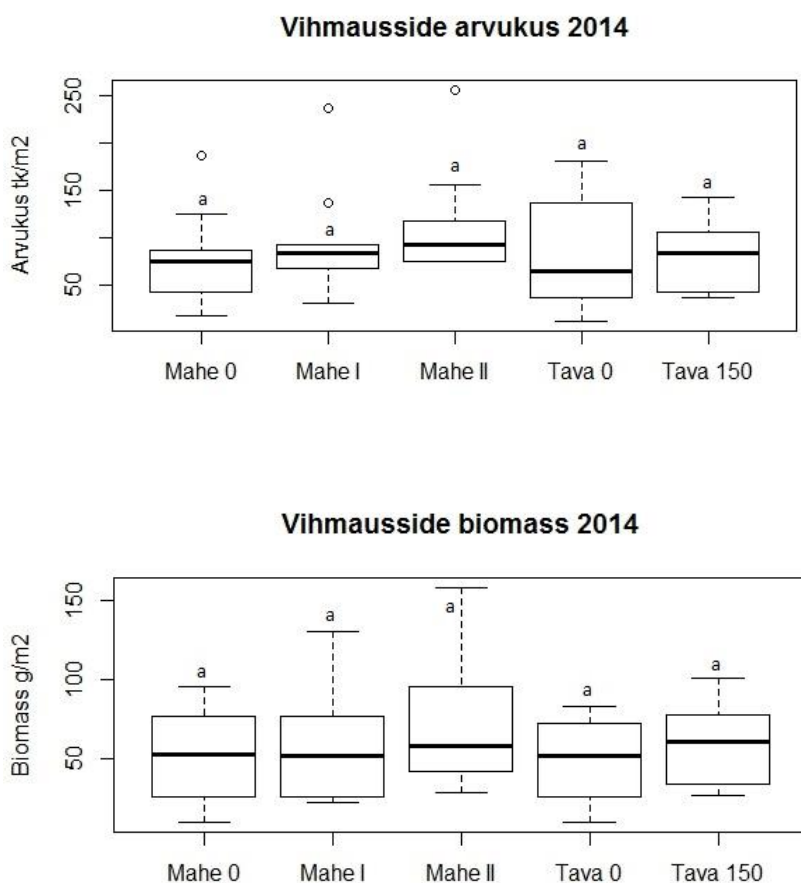
2014. aastal vihmausside arvukuses omavahelisi statistilisi erinevusi kultuuride vahel ei esinenud. Statistiliselt usutav erinevus leiti vihmausside biomassis herne ja allakülviga odra aladel. Kõrgeim arvukus ja mass esines talinisu, herne ja ristiku aladel. Madalaima massi ja arvukusega aladeks kujunesid kartuli ja allakülviga odra alad.

Võrreldes kultuuride mõju vihmausside arvukusele ja biomassile 2015. aastal, võib järeldada, et suurim arvukus esines talinisu aladel. Samas jäi biomass talinisu alal madalaks, mis võis tähendada kõrget juveniilsete isendite osakaalu. Samuti oli kõrgem arvukus ja biomass herne ning ristiku katsealadel, mis võis tähendada nende kultuuride

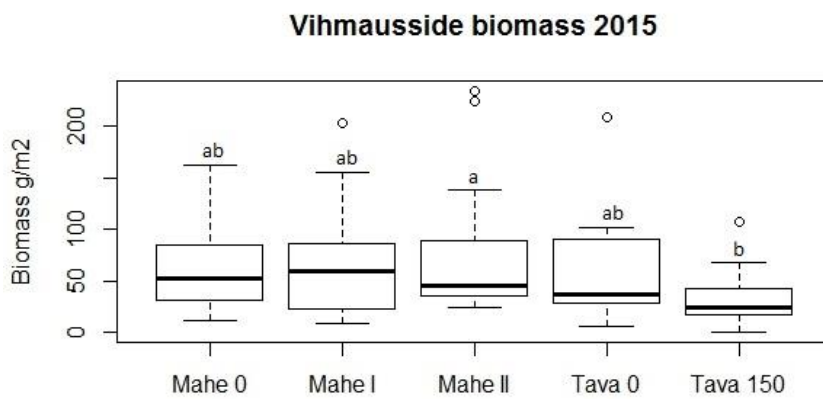
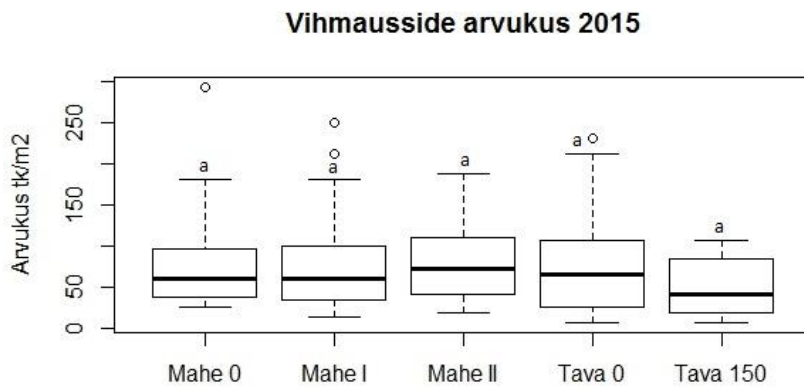
positiivset mõju vihmausside elutingimustele (palju orgaanilist ainet). Sarnaselt 2014. aastale esinesid madalaim arvukus ja mass kartuli ning allakülviga odra aladel.

2016. aastal puudus statistiliselt usutav erinevus vihmausside biomassi vahel (joonis 5) sõltuvalt kultuurist. Statistiline erinevus esines usside arvukuses. Kõrgem arvukus esines talinisu aladel, mis erines statistiliselt ristiku ja allakülviga odra aladest. Samuti oli suurema arvukusega herne ala. Biomassis statistiliselt usutavust ei esinenud. Katseperioodil (2014–2016) esines üldine tendents, et usside arvukus ja mass olid kõrgemad talinisu ja herne aladel ning madalaim kartuli ja allakülviga odra aladel.

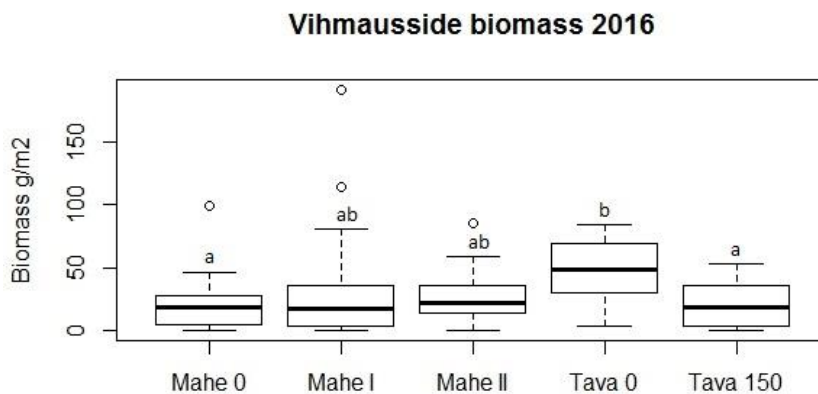
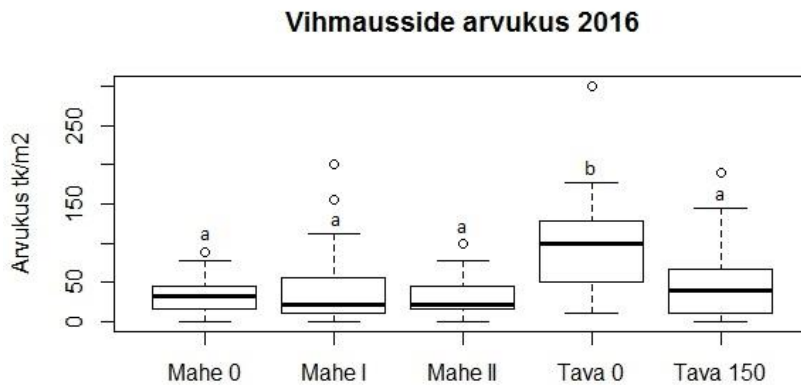
Võrreldes vihmausside keskmist arvukust ja biomassi 2014.–2016. aastal tava- ja maheviljelussüsteemis esines kahel aastal kolmest statistiliselt olulisi erinevusi variantide vahel (joonis 6-8).



**Joonis 6.** Vihmausside keskmine arvukus (isendit  $m^{-2}$ ) ja biomass ( $g\ m^{-2}$ ) 2014. aasta sügisel sõltuvalt väetusvariandist. Erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi ( $p < 0,05$ ) Tukey meetodil variantide vahel katseaastal.



**Joonis 7.** Vihmausside keskmine arvukus (isendit m<sup>-2</sup>) ja biomass (g m<sup>-2</sup>) sügisel 2014.–2016. aastal sõltuvalt väetusvariandist. Erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi (p<0,05) Tukey meetodil variantide vahel katseaastal.



**Joonis 8.** Vihmausside keskmine arvukus (isendit m<sup>-2</sup>) ja biomass (g m<sup>-2</sup>) sügisel 2014–2016. aastal sõltuvalt väetusvariandist. Erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi ( $p < 0,05$ ) Tukey meetodil variantide vahel katseaastal.

2014. aastal ei esinenud statistiliselt olulist erinevust vihmausside arvukuses ega biomassis väetusvariantide vahel. Väetusvariantide keskmisena oli suurem arvukus Mahe II alas (112,5 tk m<sup>-2</sup>). Järgnes arvukuselt Mahe I ala (93,7 tk m<sup>-2</sup>), Mahe 0 ala (80,0 tk m<sup>-2</sup>), Tava 150 (83,8 tk m<sup>-2</sup>) ning Tava 0 alas (81,8 tk m<sup>-2</sup>). Väetusvariantide keskmise alusel olid suurim biomass Mahe II alal 68,9 g m<sup>-2</sup>. Tava 150 katsealal oli keskmine mass 59,5 g m<sup>-2</sup>, Mahe I ala 58,4 g m<sup>-2</sup> ning Mahe 0 katsepõllul 53,9 g m<sup>-2</sup>. Väikseim biomass oli Tava 0 katsepõllu mullas, kus usside keskmine mass oli 50,3 g m<sup>-2</sup>.

2015. aastal oli madalaim arvukus Tava 150 alas, kus keskmiselt esines 49,1 isendit m<sup>2</sup> kohta. Kõrgemaks arvukuseks oli 82,2 tk m<sup>-2</sup>, mis esines Mahe II alal. Mahe 0 alas leiti keskmiselt 80,6 tk m<sup>-2</sup>, Mahe I 79,4 tk m<sup>-2</sup> ning Tava 0 alas 78,4 isendit m<sup>2</sup> kohta, kuid erinevused ei olnud statistiliselt usutavad. Maheviljeluses mingit suunda välja ei kujunenud, ent tavaviljeluses võib öelda, et kõrgem arvukus esines alal, kus väetist ei kasutatud. Väetusvariandi mõju vihmausside keskmisele elumassile varieerus rohkem kui arvukus (joonis 6-8). Katsest selgus, et väetamisel on statistiliselt oluline mõju vihmausside massile ( $p < 0,05$ ). Suurim keskmine mass esines mahe II alas (73,9 g m<sup>-2</sup>), madalaim Mahe 0 süsteemis (63,2 g m<sup>-2</sup>). Mahe I alas esines 64,4 g m<sup>-2</sup> kohta, Tava 0 alas 56,4 g m<sup>-2</sup> ning Tava 150 alal 32,2 g m<sup>-2</sup> kohta. Antud uurimistöö näitab tendentsi, et sõnnik ja talvised vahekultuurid suurendavad ning pestitsiidid vähendavad vihmausside elumassi.

2016. aastal esines süsteemide vaheline statistiline erinevus nii arvukuses kui biomassis. Kõrgem keskmine arvukus esines Tava 0 alas (101,1 tk m<sup>-2</sup>) ning madalaim arvukus Mahe 0 alas (34,4 tk m<sup>-2</sup>). Mahe I alas esines 46,1, Mahe II süsteemis 35,5 ning tavaviljeluse Tava 150 alas 48,3 isendit m<sup>2</sup> kohta. Keskmiselt oli biomass kõrgeim Tava 150 (47,8 g m<sup>-2</sup>) ja madalaim Tava 0 (19,9 g m<sup>-2</sup>) alas. Tava 0 aladele järgnesid Mahe I (32,7 g m<sup>-2</sup>), Mahe II (26,4 g m<sup>-2</sup>) ning Mahe 0 (20,9 g m<sup>-2</sup>).

### **3.1.2. Eerika katsepõldude mulla happesus, temperatuur ja veesisaldus**

Mulla omadustel on oluline roll vihmaussidele tegevusel. Katseala mulla happesus varieerus vahemikus pH 5–6 (tabel 4).

Mullatemperatuuri mõõtmised 2015. ja 2016. aastal (tabel 5) näitasid, et proovi võtmise ajal olid 2015. aastal temperatuurid mullas kõrgemad (vahemikus 16–20°C). 2016. aastal varieerusid temperatuurid proovi võtmise ajal vahemikus 11–15 °C.

Mulla veesisalduse hindamiseks tuleb vaadelda ka sademete hulka. 2015. aastal oli septembrikuu sademete hulk 57,89 mm ning 2016. aastal 18,58 mm. Ent samas esines mulla veesisaldus 2016. aastal vahemikus 24–30% ning 2015. aastal 23–31%. Seega ei esinenud suuri erinevusi. Mulla veesisaldus oli mõlemal aastal suurim talinisu aladel, mis oli 2015. aastal vahemikus 29,1–30,9% ning 2016. aastal vahemikus 26,4–29,4%.

Madalaim veesisaldus esines ristiku allakülviga odra aladel (23,9–25,4% 2015. aasta ning 24,1–26,0% 2016. aastal) (tabel 6).

**Tabel 4.** 2014–2016. aasta mulla pH Eerika katsepõllul.

	<b>Tava 0</b>	<b>Tava 150</b>	<b>Mahe 0</b>	<b>Mahe I</b>	<b>Mahe II</b>
<b>2014</b>	5,79±0,30	5,68±0,52	5,94±0,21	6,02±0,22	6,01±0,28
<b>2015</b>	5,73±0,29	5,58±0,36	5,93±0,23	6,01±0,21	6,05±0,31
<b>2016</b>	5,78±0,31	5,44±0,45	5,98±0,24	6,09±0,20	5,94±0,38



**Tabel 5.** 2015.–2016. aastat mulla temperatuur (°C) Eerika katsepõllul.

<b>Kultuur</b>	<b>2015</b>					<b>2016</b>				
	<b>Mahe 0</b>	<b>Mahe I</b>	<b>Mahe II</b>	<b>Tava 0</b>	<b>Tava 150</b>	<b>Mahe 0</b>	<b>Mahe I</b>	<b>Mahe II</b>	<b>Tava 0</b>	<b>Tava 150</b>
Talinisu	19,7±2,29	19,0±1,95	18,1±2,14	17,2±2,07	19,3±1,58	11,5±0,27	11,8±0,28	12,8±0,18	13,4±0,56	14,1±0,31
Ristik	19,2±1,99	19,4±1,40	18,7±2,27	18,3±2,22	18,8±1,77	11,5±0,15	11,5±0,26	12,1±0,52	13,1±0,65	13,6±0,42
Oder+AK	20,0±2,88	19,3±1,86	19,6±2,13	17,4±1,41	18,1±1,60	11,4±0,12	11,8±0,24	13,0±0,37	13,2±0,42	14,1±0,25
Kartul	19,0±1,89	19,9±3,74	19,8±2,24	16,7±1,84	17,9±1,55	11,1±0,15	11,8±0,28	12,8±0,30	13,5±0,55	14,5±0,34
Hernes	19,5±3,18	19,0±2,46	19,6±2,13	17,3±1,74	18,0±1,75	11,5±0,72	11,6±0,12	12,6±0,25	13,3±0,24	14,2±0,34

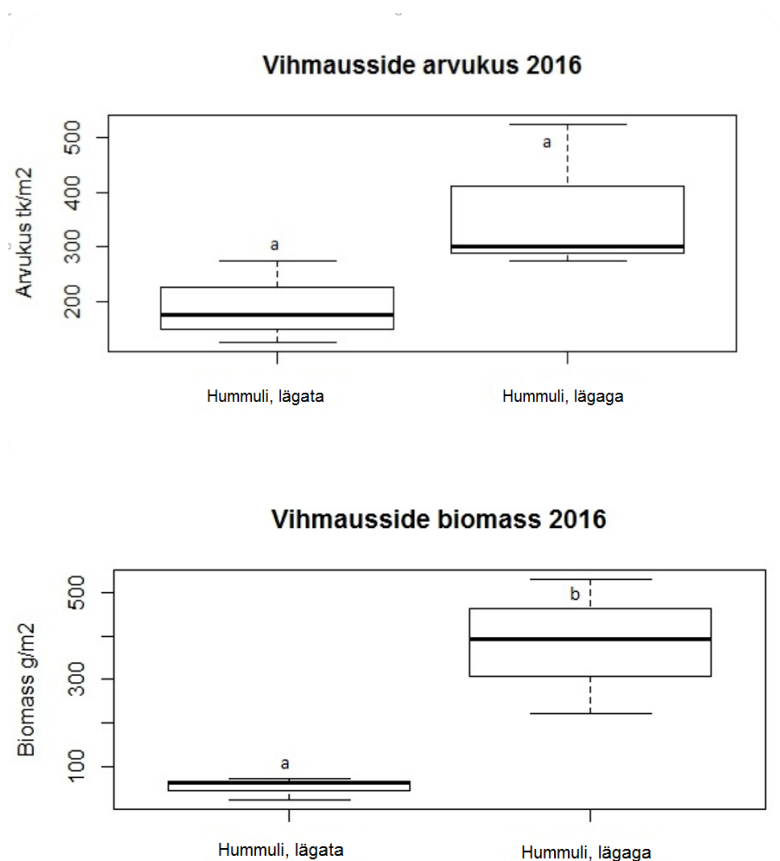
**Tabel 6.** 2015.–2016. aasta mulla veesisaldus (mahu %) Eerika katsepõllul.

<b>Kultuur</b>	<b>2015</b>					<b>2016</b>				
	<b>Mahe 0</b>	<b>Mahe I</b>	<b>Mahe II</b>	<b>Tava 0</b>	<b>Tava 150</b>	<b>Mahe 0</b>	<b>Mahe I</b>	<b>Mahe II</b>	<b>Tava 0</b>	<b>Tava 150</b>
Talinisu	29,1±1,81	30,4±1,59	30,9±1,25	30,9±1,92	29,9±1,61	27,6±2,84	26,4±2,82	27,2±2,21	29,4±2,11	28,6±2,05
Ristik	26,8±6,27	26,6±4,58	29,4±2,12	26,8±3,11	25,9±3,15	26,3±2,29	26,6±2,46	27,1±2,22	27,4±2,44	28,8±1,69
Oder+AK	25,8±2,25	25,1±1,82	23,9±6,05	25,3±2,15	25,5±2,66	24,1±2,53	24,5±1,98	25,7±2,17	26,0±2,09	27,4±2,71
Kartul	30,4±1,32	29,7±1,85	28,3±4,33	24,2±1,71	22,3±2,22	27,6±1,84	26,5±1,74	26,8±1,81	24,7±1,43	25,4±1,82
Hernes	28,6±1,59	27,8±2,28	26,3±5,55	29,7±2,51	28,0±2,00	28,2±2,53	27,0±0,89	26,9±0,77	28,1±2,02	28,9±2,24

### 3.2. Tootmispõldude katsealad

Vihmausside arvukus ja mass määrati kahe ettevõtte, Hummuli Agro OÜ ja Rannu Seeme OÜ tootmispõldudel. Hummuli Agro põldudel esinesid vihmaussiliikidest kaks peamist – harilik mullauss ja harilik vihmauss. Rannu Seemne küntud aladel esinesid kolme liiki usse: harilik vihmauss, harilik mullauss ning roheline mullauss. Ent minimeeritud põllul esines ainult harilik mullauss ja harilik vihmauss.

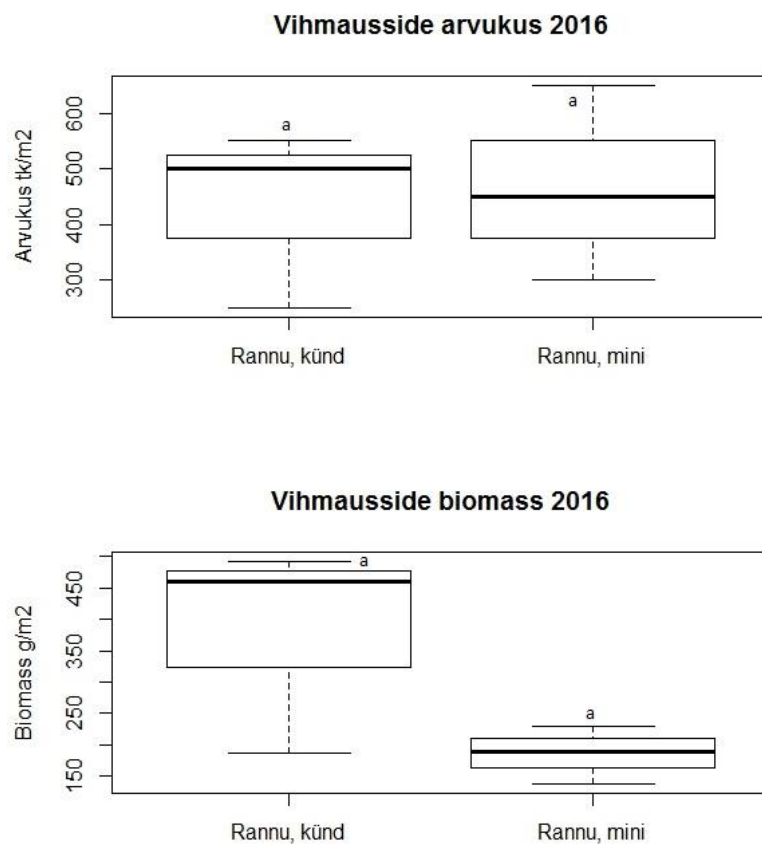
Hummuli Agro OÜ katsepõldude võrdlusel (väetatud ja väetamata variant) leiti, et vihmausside arvukus oli kõrgem väetatud alal ( $366,7 \text{ tk m}^{-2}$ ), väetamata põllul oli see  $191,7 \text{ tk m}^{-2}$ . Ent statistiliselt usutavat erinevust ei leitud. Väetatud alal oli statistiliselt usutavalt ( $p < 0,05$ ) kõrgem vihmausside biomass ( $382,2 \text{ g m}^{-2}$ ) võrreldes väetamata alaga ( $51,8 \text{ g m}^{-2}$ ) (joonis 9).



**Joonis 9.** Hummuli Agro OÜ rohumaa katsepõldude vihmausside arvukus ja biomass.

Erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi ( $p < 0,05$ ) Tukey meetodil kultuuride vahel katseaastal.

Rannu Seeme OÜ katsepõldude võrdluseks võeti aluseks põllud, kus ühel põllul on mitmeid aastaid küntud ning teisel teostatud minimeeritud harimist. Minimeeritud harimisega põllul leiti keskmiselt 466,7 ning küntud alal 433,3 isendit ruutmeetri kohta. Keskmiseks biomassiks kujunes küntud alal 380,2 g m<sup>-2</sup> ning minimeeritud katsepõllul 185,6 g m<sup>-2</sup>. Ent statistilist usutavust ei esinenud arvukuses ega biomassis.



**Joonis 10.** Rannu Seeme OÜ teravilja katsepõldude vihmausside arvukus ja biomass. Erinevad tähed tähistavad usutavaid erinevusi ( $p < 0,05$ ) Tukey meetodil kultuuride vahel katseaastal.

### 3.2.1. Tootmispõldude mulla happesus ja penetromeetriline takistus

Mulla omadustest, mida tootmispõldudel uuriti, oli mulla happesus ja penetromeetriline takistus. Mulla pH varieerus 6,4–7,2 vahel. Mulla penetromeetriline takistus ehk mulla kõvadus oli Hummuli Agro OÜ-s lägata variandis 2,7 Mpa ning lägaga variandis veidi suurem, 2,9 Mpa ülemise 30 cm kihi keskmisena. Rannu Seeme OÜ katsepõldudel oli penetromeetriline takistus küntud põllus madalam kui minimeeritud harimisega põllus.

**Tabel 7.** Hummuli Agro OÜ ja Rannu Seeme OÜ katsepõldude pH ja penetromeetriline takistus (Mpa) 2016. aastal.

Variant	pH	Penetromeetriline takistus, Mpa
Hummuli, lägata	6,4 ± 0,08	2,7 ± 0,24
Hummuli, lägaga	7,1 ± 0,15	2,9 ± 0,13
Rannu, mini	6,8 ± 0,18	1,8 ± 0,13
Rannu, künd	7,2 ± 0,10	1,3 ± 0,13

## **4. ARUTELU**

### **4.1. Vihmaussikooslus tootmispõldudel ja Eerika põldkatsel**

Eerika põldkatses esines 2014.–2016. aastal peamiselt kahte liiki usse – harilik mullauss ning harilik vihmauss. Seevastu esines 2014. ja 2015. aastal veel vähesel määral punast vihmaussi ja roosat mullaussi ning 2014. aastal üksiku leiuna roheline mullauss ja tume vihmauss. Peale selle esines igal aastal rohkelt juveniilseid isendeid. Antud tulemused näitavad, et vihmaussiliikide arvukus on aastatega vähenenud. Liigilise koosseisu muutumise põhjus võib olla katseala ümbruse ülesharimine, mis võis mõjutada usside populatsiooni. Lisaks teostatakse igal aastal mahealadel kündi ajal, mil vihmaussid võivad olla juba aktiivsed, mis omakorda mõjutab põllumajandustöödest häiritud usse.

Kolme aasta jooksul on domineerinud harilik mullauss, kes on põllumajandustegevuse ja keskkonnategurite suhtes kõige vähenõudlikum liik. Punane vihmauss ja roosa mullauss on ökoloogiliselt vähenõudlikud, kuid mullaharimine ja kemikaalid võivad neid kahjustada. Põllumajandustegevuse suhtes tundlikumad on harilik vihmauss ning roheline mullauss (Ivask 2006a). Sarnaselt antud katse tulemustega tõi Imler (2010) Saksamaal tehtud katses välja, et põllumaadel esines kõige sagedamini harilikku mullaussi, kes moodustas 62% kõikidest proovidest. Harilik vihmauss, punane vihmauss, roosa mullauss ja tume vihmauss esinesid harvemini. Liikide vähenemise põhjuseks leidis Ivask (2010), et tugeva põllumajandusliku mõju korral väheneb elutingimuste suhtes tundlikumate liikide arvukus.

Tootmiskatsepõldudel esines samuti peamiselt kaks liiki (harilik mullauss ning harilik vihmauss) nagu Eerika katsepõllul. Rannu Seemne küntud aladel leiti aga peale kahe liigi veel rohelist mullaussi. Kuna harilik vihmauss ja roheline mullauss on põllumajandusliku tegevuse suhtes tundlikumad, siis nende esinemine võib olla seotud sellega, et kündmise ajal ei olnud vihmaussid enam nii aktiivsed (osaliselt liikunud sügavamatesse kihtidesse). Juveniilsed isendid moodustasid igal aastal samuti suure osa. Kõrge juveniilsete isendite arv sügisel viitab soodsatele elupaigatingimustele (Ivask 2006).

## 4.2. Mullaharimise ja väetamise mõju vihmausside arvukusele ja biomassile

Mullaharimine ja väetamine on üks peamine vihmausside arvukuse ja biomassi mõjutaja. Tootmiskatsete teraviljapõldude võrdluses, kus võrreldi künni ning minimeeritud harimise mõju, oli arvukus veidi kõrgem minimeeritud mullaharimisega põllul. Samas oli biomass suurem küntud tootmispõllul. Ent statistiliselt usutavat erinevust ei esinenud. Kõrgem arvukus minimeeritud alal tähendab paremaid elutingimusi vihmaussidele tänu sellele, et neid häiritakse vähem. Peale selle jäävad taimejäänused mulla pinnale, mis muudab mulla orgaanilise aine kogust ning tagab vihmaussidele toidu.

Samas ei olnud ka küntud katsealal arvukus madal. Antud kõrgema arvukuse võis tagada see, et kündmist teostati ajal, mil vihmaussid ei olnud enam nii aktiivsed. Samuti viib kündmine taimejäänused vihmaussidele lähemale, segades orgaanilise aine mulla alumiste kihtidega ning seeläbi tagades ussidele head toitumistingimused. Juhul, kui vihmaussid on kündmise ajal aktiivsed, siis hävitatakse neid otseselt ning lõhutakse nende käigud. Mitmed uuringud on näidanud, et minimeeritud harimisel on vihmaussidele positiivsem mõju võrreldes kündmisega (Berner *et al.* 2008; Lehocka *et al.* 2009; Moos *et al.* 2016; Overstreet *et al.* 2010; Peigne 2009; Pelosi *et al.* 2014). Eelnimetatud autorid leidsid ka, et minimeeritud harimisega alal häiritakse usside elutegevust vähem, mis tagab kõrgema arvukuse, biomassi ning mitmekesisuse. Käesoleva töö tootmispõldude katses oli vihmausside arvukus kõrgem minimeeritud alal, ent biomass madalam võrreldes küntud alaga. Madalam mass tähendab kõrgemat juveniilsete isendite osakaalu, mis viitab soodsatele elupaigatingimustele (Ivask 2006). Küntud aladel olev kõrge biomass tähendab täiskasvanute usside rohkemat esinemist, kuna tugeva põllumajandusliku mõju korral suureneb tolerantsemate liikide arvukus nagu harilik mullauss (Ivask 2010).

Peale mullaharimise on oluline roll väetamisel. Vaadeldes Eerika katsepõllu väetussüsteeme nii mahe- kui tavaviljeluses, siis 2014. aastal ei esinenud väetusvariantide vahel olulist statistilist erinevust arvukuses ega biomassis. Samas oli maheviljeluses näha tendentsi, et sõnnikuga väetatud ja talviste vahekultuuridega (Mahe II) aladel oli arvukus kõrgem. Sarnane tendents esines ka 2015. aastal, kus kõrgem arvukus ja mass olid Mahe II ja madalaim Mahe 0 väetussüsteemis. Kõrgema arvukuse tagasid head toidumistingimused Mahe II alas, kuna sinna lisati sõnnikut ning kasvatati vahekultuure haljasväetisena. Sõnniku lisamisega mulda kaasneb suurem toitainete kogus, mis omakorda suurendab

vihmausside arvukust ja biomassi. Antud Mahe II alas on ka mullaomadused vihmaussidele sobivad. Erinevad autorid on leidnud, et sõnnikul on positiivne mõju vihmaussidele (Leroy *et al.* 2008; Timmerman *et al.* 2006; van Eekeren *et al.* 2009). 2016. aastal ilmnes maheviljeluses tendents, kus kõrgeim arvukus esines alas, kus kasvatati peale põhikultuuride veel talviseid vahekultuure (Mahe I). Talvised vahekultuurid annavad biomassi, mis viiakse mulda ning nii suurendatakse orgaanilise aine kogust mullas. Samuti lasevad vahekultuurid vihmaussidel kauem tegutseda ning toituda.

Tavaviljeluses esines 2014. ja 2015. aastal sarnane erinevus, kus kõrgem mass ja arvukus esines Tava 0 võrreldes Tava 150. Ainult 2014. aastal oli biomass kõrgem väetatud variandis (Tava 150). Kuna seal esines rohkem täiskasvanud usse, siis oli seal ka biomass kõrgem. Samas puudus väetusvariantide vahel statistiline erinevus. 2016. aastal oli sarnane tendents, kus vihmausside arvukus ja biomass olid kõrgemad väetamata variandis (Tava 0) võrrelduna mineraalväetisega väetatud alaga. Tavaviljeluse väetamata ala (Tava 0) eeliseks võis olla see, et seal ei kasutatud mineraalväetisi võrreldes Tava 150 alaga. On leitud, et mineraalväetiste mõju on vihmaussidele enamasti negatiivne (Ivask 2010), kuna vihmaussid on väga tundlikud ammoniaagi ja ammoniaagipõhiste väetiste suhtes (Curry 2004) ning pikaajaline lämmastiku kasutamine muudab mulla happelisemaks (Iordache, Borza 2010; Rashid 2014).

Võrreldes Eerika katsepõllu mulla happesust (tabel 4), selgus, et kõige happelisem oli muld tavaviljelussüsteemis, kus on kasutatud suure normiga lämmastikväetisi (Tava 150). Kuna vihmaussid väldivad happelisemaid muldi, siis võivad ussid liikuda kõrvalaladele, kus pH on neile sobilikum. Kahjulik mõju võis olla tingitud veel vihmausside otsesest kokkupuutest mineraalväetisega, sest see mõjutab usside füsioloogilisi protsesse (Lapied *et al.* 2009). Abbiramy *et al.* (2013) uurisid mineraalväetise otsest mõju vihmaussidele ning leidsid, et väetis imendus läbi ussi keha ja teatud hetkel vihmauss enam ei liikunud. Samas on vastupidiseid artikleid, mis on leidnud, et mineraalväetistel on vihmaussidele positiivne mõju (Iordache, Borza 2010; Tiwar 1993). Positiivse mõju taga võib olla taimede produktiivsuse tõusmine ja seeläbi suurema toiduallika tagamine vihmaussidele (Lapied *et al.* 2009). Seega võis antud katses tagada Tava 0 alas suurema vihmausside arvukuse ja biomassi mineraalväetiste mittekasutamine ning paremad mullaomadused.

Orgaanilise väetise mõju uuriti ka tootmispõldude katsealadel, kus võrreldi veiselägaga ja lägata katsealasid. Nii arvukus kui ka mass olid suuremad lägaga väetatud rohumaal.

Samas esines statistiline usutavus ainult vihmausside biomassis. Kõrgem arvukus ja biomass võisid olla tingitud sellest, et läga suurendab orgaanilise aine kogust mullas ning muudab ka mulla happesust neutraalsemaks. Vihmaussid eelistavad neutraalset pH-d, seega tagab antud mullaomadus vihmaussidele sobivamad elutingimused. Mitmed autorid (Leroy *et al.* 2008; van Eekeren *et al.* 2009) on oma uuringutega näidanud läga ja sõnniku positiivset mõju vihmausside arvukusele ja biomassile. Samas leidsid Hansen ja Engelstad (1999), et veiseläga ja uriinikoguse suurenemine vähendab lühiajaliselt vihmausside populatsiooni arvukust ja biomassi, kuid vedelsõnniku negatiivne mõju on lühiajaline (Edward, Bohlen 1996). Vihmausside populatsioon taastub hiljem kõrgema arvukusega, kui see oli enne sõnniku lisamist, kuna ussid kasutavad läga toitainete allikana (Murchie *et al.* 2015). Seega võib tootmispõldude katsealal leida, et vedelsõnnik suurendab orgaanilise aine kogust mullas ning parandab seeläbi vihmausside elutingimusi mullas.

#### **4.3. Kultuuride mõju vihmausside arvukusele ja biomassile**

Käesolevast tööst selgus, et peale väetamise mõjutab vihmausse ka kasvatatav kultuur. Kultuuride statistiline olulisus vihmausside arvukusele esines kõigil kolmel katseaastal. Mõju biomassile esines ainult 2015. aastal (tabel 3). Kultuuride omavahelisel võrdlemisel võis leida läbi aastate üldise tendentsi, kus kõrgem arvukus ja biomass esinesid herne ja talinisu aladel ning madalaimad kartuli ja allakülviga odra aladel (joonis 3-5). Kõrgem arvukus ja biomass herne ning talinisu aladel võis olla tingitud sellest, et liblikõielised nagu hernes ja ristik on heaks orgaaniliseks aineks mullas, mis on omakorda hea toiduallikas vihmaussidele.

Talinisu positiivne mõju võis olla tingitud külvikorras eelnenud ristikust ning talvisest mulla kaetusest. Ristiku sissekünd parandas vihmausside elutingimusi (toiduvaru) ja seeläbi suurenes nende biomass ning arvukus talinisu aladel. Talvine pinnakaetus on oluline, kuna see suurendab vihmausside toiduvaru ning laseb ussidel pikema aja toituda ning paljuneda (Komatsuzaki 2008). Paljud erinevad autorid on leidnud oma uurimistöodes liblikõieliste positiivse mõju vihmausside arvukusele (Schmidt, Curry 2001; Jordan *et al.* 2004; Riley *et al.* 2008; Lauringson *et al.* 2011). Statistiliselt positiivne mõju esines arvukusele, mis tähendab, et katsealal esinevad vihmaussid kasutasid paremaid elutingimusi eelkõige paljunemiseks, mitte biomassi kasvatamiseks. Seda näitas ka kõrge juveniilsete isendite arv antud aladel.



Maheviljeluse väetussüsteemide võrdluses (joonis 6–8), kus üks oli kontroll (Mahe 0) ja teine talviste vahekultuuridega (Mahe I) ala, võis leida igal katseaastal kõrgemat arvukust ja biomassi vahekultuuridega alas. See võis olla tingitud sellest, et sarnaselt külvikorra põhikultuuridele löid vahekultuurid vihmaussidele head toitumistingimused. Talvised vahekultuurid on võimelised põhikultuuride vahel moodustama suuremat biomassi, täiendades mulda orgaanilise ainega (Talgre, Lauringson 2014). Näiteks suurendas vahekultuuride kasvatamine 2016. aastal arvukust ligikaudu 25% ning biomassi ligikaudu 36%. Kolme aasta (2014–2016) keskmisena suurendas talviste kultuuride kasvatamine vihmausside arvukust ja biomassi ligikaudu 11%. Luik *et al.* (2014) leidsid, et talviste vahekultuuride kasvatamine aitas parandada mullaelustiku aktiivsust ning, nagu eelnevalt mainitud, lasi vihmaussidel kauem toituda ja paljuneda (Komatsuzaki 2008). Samas ei olnud väetusvariantide vaheline erinevus ühelgi katseaastal statistiliselt usutavalt erinev.

Madalaima arvukusega alad olid punase ristiku allakülviga odra ja kartuli katsepõllul. Kartuli kasvatamisel võisid põhjuseks olla mullaharimistööd, mis võrreldes teiste kultuuridega olid intensiivsemad. Erinevad autorid (Curry *et al.* 2002; Riley *et al.* 2008) on toonud välja kartuli kasvatamise negatiivse mõju vihmaussidele. Eelnimetatud autorite katsete tulemustest võib välja tuua, et negatiivne mõju seisneb kartulikasvatamise ajal tehtavates mullaharimistöodes, mis häirivad vihmausside elutegevust. Buckerfield ja Wiseman (1997) rajasid Austraalias karjamaale kartulipõllu, millest pool jäi edasi karjamaa alla. Proovid võeti nii karjamaalt kui ka kartuli katsepõllult. Tulemuseks saadi, et kartulipõllul oli poole väiksem vihmausside arvukus, võrreldes karjamaaga. See oli põhjustatud põllumajandustöödest tulenevast mulla häirimisest. Järgneval katseaastal oli karjamaal arvukus kõrgem, ent statistilist usutavust kartulipõllu ja karjamaa vahel ei esinenud. Autorid leidsid, et teiseks katseaastaks võis vihmausside arvukus olla taastunud ning põllumajandustööde tegevuse tagajärgi kompenseeriti lubja lisamisega, et vähendada mulla happesust (Buckerfield, Wiseman 1997). Peale selle võis madala arvukuse põhjus olla suhteliselt väiksem taimejäänuste kogus, võrreldes teiste kultuuridega, mis tähendas väiksemat toiduvaru ussidele. Kuna katselapid Eerika katsepõllul on suhteliselt väikesed, siis on ussidel ka kerge liikuda paremate elupaigatingimustega aladele. Ristiku allakülviga odra puhul võis mõjutada külvikorras eelnenud kartul, millest usside arvukus ei olnud jõudnud veel piisavalt taastuda. Ent siin võis olla mõjutajaks ka allakülviga odra mulla veesisaldus (tabel 7), mis oli veidi madalam kui teiste kultuuride aladel ning on vihmausside elutegevuseks oluline.

#### 4.4. Mullaomaduste mõju vihmausside arvukusele ja biomassile

Vihmausside elutegevust katsepõllul ning tootmispõldudel mõjutasid kindlasti ka mullaomadused nagu pH, veesisaldus ja temperatuur. Edwards ja Bohlen (1996) on välja toonud, et vihmausside kasvu, aktiivsust ja paljunemist mõjutab suuresti mulla temperatuur. Eerika katsepõllul varieerus 2015. aastal mulla temperatuur katse võtmise ajal 16–20°C vahel, ent 2016. aastal 11–15°C vahel. Mõlema aasta temperatuurid jäid vihmausside optimaalse temperatuuri piiridesse, aga kuna 2016. aastal oli vihmausside üldine arvukus madalam, võib arvata, et sel on seos mulla temperatuuriga. Võib leida, et vihmaussid eelistavad aktiivsemaks tegevuseks temperatuuri vahemikus 16–20°C. Berry ja Jordan (2001) uurisid laboratoorsetes tingimustes temperatuuri (10°C, 15°C, 20°C, 25°C) mõju hariliku vihmaussi massile ning leidsid, et kõige suurem elusmass esines 20°C juures ning madalaim 10°C juures. Seega võib järeldada, et 2015. aastal oli arvukus ja biomass kõrgemad kui 2016. aastal, sest proovivõtmise hetkel oli ussidele mullatemperatuur sobivam.

Samas ei olnud mulla temperatuur ainuke mulla omadus, mis vihmausse mõjutas. Olulist rolli mängis veel ka mulla niiskus, kuna vihmausside hingamine toimub läbi keha pindmise kihi ning laseb neil veest lahustunud hapnikku vastu võtta (Edwards, Bohlen 1996). 2016. aastal oli mullaniiskus Eerika katsepõllul proovivõtu ajal 24–30% ning 2015. aastal 23–31%. Võrreldes väetusvariantide keskmisega 2015. ning 2016. aastal, esines madalam vihmausside arvukus ja mass 2016. aastal. Samas ei olnud kahe aasta vahel mullaniiskuses suuri erinevusi (tabel 7) ning seega võib leida, et antud mullaomadus ei mõjutanud vihmausside arvukust ega biomassi. Samas oli kõige madalam veesisaldus uurimisaastatel allakülviga odra puhul, mis võis olla tingitud kahe kultuuri esinemisest. Punase ristiku allakülviga odra aladel oli tihedam taimestik ning seetõttu oli antud katsepõldudel veetarve suurem, võrreldes aladega, kus kasvas üks kultuur. Kuid antud alal ei esinenud liialt madalat veesisaldust (keskmiselt 25,3%), mis mõjutaks vihmausside arvukust ja massi. Veidi kõrgem veesisaldust teistest kultuuridest on talinisu alade mullas (keskmiselt 29,0%). Laboris korraldati katse (Berry, Jordan 2001) hariliku vihmaussiga erinevate veesisalduste juures (20%, 25% ning 30%) ja leiti, et vihmausside elusmass oli kõrgeim 25% ja 30% mullaniiskuse puhul. Samuti leidis Crusmey (*et al.* 2014), et vihmausside arvukus ja biomass olid positiivselt seotud mulla niiskusega. Seega võib öelda, et Eerika katsepõllul oli septembrikuus mullaniiskus vihmaussidele sobiv ning see ei olnud usse

limiteerivaks faktoriks. Ent usside arvukus sõltus kindlasti ka ajast, millal andmeid koguti. Vihmausside kogumise puhul tuleb eelistada jahedat ja niisket hooaega (kevad või sügis) (Paoletti 1999), mil vihmaussid on kõige aktiivsemad.

Eerika katsepõllul mõõdeti pH-d kolmel katseaastal. Suuri muutusi mulla pH-s katsepõllul ei toimunud ning see püsis vahemikus pH 5–6. Ainult tavaviljeluse mineraalväetisega väetatud variandis (Tava 150) oli märgata igal aastal mulla happelisemaks muutumist ning sellega seoses muutub mullas olev keskkond vihmaussidele vähem sobivamaks. Arvestades, et Eerika katsepõllul on katselapid väikesed, saavad vihmaussid liikuda aladele, kus mulla happesus on neile sobivam. Curry (2004) tõi välja, et enamik parasvöötme liike leidub vahemikus 5,0...7,4. Edward ja Bohlen (1996) kirjutavad, et harilik mullauss, roosa mullauss ning roheline mullauss ei salli happelist mulda. Samas ei ole harilik vihmauss väga tundlik mulla happesuse suhtes. Klok (*et al.* 2007) uuris mulla happesuste mõju punasele vihmaussile ning selgus, et pH muutumine seitsmelt neljale vähendas ussi kasvu 28%. Uurides Eerika katsepõllu mulla happesust võis leida, et negatiivne mõju ussidele võis esineda tavaviljeluse mineraalväetisega väetatud variandis, kuid ülejäänud aladel oli vähetõenäoline, et mulla happesus vähendas vihmausside arvukust ja biomassi.

Tootmispõldude katsealadel varieerus mulla pH suuremates piirides kui Eerika katsealadel. Hummuli Agro OÜ väetamata katsel oli nõrgalt happeline muld, aga lägaga katsepõllul esines neutraalne mulla happesus. Kõrgem arvukus esines Hummuli lägaga variandis, mis võis olla lisaks paremale toiduallikale tingitud ka neutraalsemast mulla pH-st. On välja toodud, et vihmaussid eelistavad neutraalse mullahappesusega alasid (Edwards, Bohlen 1996). Antud katse mulla pH näitab seda, et läga, mida ettevõtja kasutab, oli aluseline (pH>8). Aluselise pH tagamiseks lisatakse vajadusel vastavaid preparaate. Samuti olid Rannu Seeme OÜ tootmispõldude pH-d vihmaussidele sobilikus vahemikus, kus minimeeritud harimisega põllul oli mulla happesus 6,8 ja küntud põllul 7,2. Seega võis eeldada, et pH oli üks tegur, mis soodustas vihmausside kõrgemat arvukust Hummuli Agro OÜ ja Rannu Seeme OÜ tootmispõldudel.

Peale mulla happesuse mõõdeti tootmispõldude katsealadel veel ka mulla kõvadust. Kõvemas mullas on vihmaussidel raskem liikuda ning nad eelistavad kobestatumat mulda. Katsevariantide võrdlusel oli mulla penetromeetiline takistus veidi kõrgem minimeeritud harimisega põllus võrreldes küntud katsealaga. Antud näitajate vahe oli oodatav tulemus,

kuna kündmine tagab suurema mulla kobestatuse künnikihis. Suurem kõvadus minimeeritud harimisega põllus on võib olla põhjustatud mulla tihenemisest. Chan (2001) tõi välja, et mulla tihenemine minimeeritud põllul võib vähendada endogeiliste usside osakaalu. Samas ei olnud antud uuringus mulla penetromeetrilise takistuse erinevus suur ning seega ei mõjutanud oluliselt ka vihmausside arvukust ja biomassi.

## KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Käesoleva magistritöö põhjal leiti järgnevad tulemused:

1. Mõlemas põldkatses (Eerika – ja tootmispõldudel) esinesid peamiselt kahte liiki vihmaussid: harilik mullauss ja harilik vihmauss. Lisaks leidis suurel määral juveniilseid isendeid.
2. Tootmispõldudel oli minimeeritud harimisel arvukus veidi kõrgem võrreldes künniga, kuid statistiliselt usutavat erinevust ei esinenud. Biomass oli minimeeritud harimisel madal, mis tähendas kõrget juveniilsete vihmausside osakaalu.
3. Tootmispõldudel oli vedelsõnniku kasutamisel vihmausside arvukus rohumaal kõrgem kui väetamata mullas. Veise lägal oli oluline statistiline mõju vihmausside biomassile, mis tähendas paremaid elutingimusi väetatud alal.
4. Talviste vahekultuuride kasvatamine haljasväetisena mõjus vihmaussidele soodsalt: suurenes nii vihmausside arvukus kui ka biomass. Kolme aasta keskmisena suurendas vahekultuuride kasvatamine vihmausside arvukust ja massi 11%.
5. Kasvatatavatel kultuuridel oli statistiliselt usutav mõju vihmausside arvukusele ja biomassile. Suurem vihmausside arvukus ja biomass olid herne ja talinisu kasvatamisel. Hernes tagas head toitumistingimused vihmaussidele ning talinisu puhul mõjutas usse positiivselt eelnimetatud kultuurile eelnenud punane ristik. Madalaim vihmausside arvukus ja biomass leiti kartuli ja ristiku allakülviga odra kasvatamisel.
6. Mineraalväetiste kasutamine vähendas vihmausside arvukust ja biomassi. Mineraalväetisel võis olla otsene negatiivne mõju vihmaussidele, või läbi mulla happesuse muutumise.

Käesoleva magistritöö tulemused andsid kinnitust enamusele sissejuhatuses püstitatud hüpoteesidele. Minimeeritud harimine, talvised vahekultuurid ja kompostitud tahesõnnik suurendasid vihmausside arvukust ja biomassi ning mineraalväetiste kasutamine vähendas vihmausside arvukust ja biomassi. Vedelsõnniku kasutamine suurendas orgaanilise aine kogust mullas ning muutis keskkonna ussidele sobivaks.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Abbiramy, K.S.K., Ross, P.R., Paramanandham, J.P.** (2013). Assessment of Acute Toxicity of Superphosphate to *Eisenia Foetida* Using Paper Contact Method. – *Asian Journal of Plant Science and Research*. Vol. 3, pp. 112–115.
2. **Berner, A., Hildermann, I., Flissbach, A., Pfiffner, L., Niggli, U., Mäder, P.** (2008). Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. – *Soil & tillage research*. Vol 101, pp. 89–96.
3. **Berry, E.C., Jordan, D.** (2001). Temperature and soil moisture content effects on the growth of *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta: Lumbricidae) under laboratory conditions. – *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 33, pp. 133–136.
4. **Binet, F., Le Bayon, R.C.** (1999). Space-time dynamics in situ of earthworm casts under temperate cultivated soils. – *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 31, pp. 85–93.
5. **Birkas, M., Jolankai, M., Gyuricza, C., Percze, A.** (2004). Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. – *Soil and tillage research*. Vol 78, pp 185-196.
6. **Blanchart, E., Lavelle, P., Braudeau, E., Le Bissonnais, Y., Valentin, C.** (1997). Regulation of soil structure by geophagous earthworm activities in humid savannas of cote d’ivoire. – *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 29, pp. 431–439.
7. **Brown, G.C., Edwards, C.A., Brussaard, L.** (2004). How earthworms affect plant growth: Burrowing into the mechanisms. . – *Earthworm Ecology*. Second edition. /Eds. C.A.Edwards. London: CRC Press, pp. 13–52.
8. **Buckerfield, J.C., Wiseman, D.M.** (1997). Earthworm populations recover after potato cropping. – *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 29, pp. 609–612.
9. **Bünemann, E. K., Schwenke, G. D., Van Zwieten, L.** (2006). Impact of agricultural inputs on soil organisms - a review. – *Australian Journal of Soil Research*. Vol. 44, pp. 379–406.
10. **Chan, K. Y.** (2001). An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. – *Soil & Tillage Research*. Vol. 57, pp. 179– 191.
11. **Crusmey, J.M., Moine, J.M., Vogel, C.S., Nadelhoffer, K.J.** (2014). Historical patterns of exotic earthworm distribution inform contemporary associations with soil physical and

- chemical factors across a northern temperate forest. – *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 58, pp. 503–514.
12. **Curry, J. P.** (2004). Factors Affecting the Abundance of Earthworms in Soils. – *Earthworm Ecology. Second edition.* /Eds. C.A. Edwards. London: CRC Press, pp. 91–113.
  13. **Duiker, S., Stehouwer, R.** (2008). Earthworms. [http://extension.psu.edu/plants/crops/soil-management/soil-quality/earthworms/extension\\_publication\\_file](http://extension.psu.edu/plants/crops/soil-management/soil-quality/earthworms/extension_publication_file) (15.02.2017).
  14. **Dureja, P., Tanwar R. S.** (2012). Pesticide residues in soil invertebrates. – *Pesticides: Evaluation of Environmental Pollution.* /Eds. H. S. Rathore, L. M. L. Nollet. Boca Ration: CRC Press, pp. 337–359.
  15. **E-ilmajaam.** – Tartu. <http://meteo.physic.ut.ee> (27.03.2017)
  16. **Edwards C. A.** (2004). The Importance of Earthworms as Key Representatives of the Soil Fauna. – *Earthworm Ecology. Second edition.* /Eds. C.A.Edwards. London: CRC Press, pp. 3–11.
  17. **Edwards C. A., Bohlen P. J.** (1996). Biology and Ecology of Earthworm. 3<sup>rd</sup> Edition. London: Chapman&Hall. 426 pp.
  18. **Eijkelkamp.** (2013). Penetrologger, operating instructions. [https://www.eijkelkamp.com/download.php?file=M10615SAe\\_Penetrologger\\_887e.pdf](https://www.eijkelkamp.com/download.php?file=M10615SAe_Penetrologger_887e.pdf) (27.03.2017).
  19. **Eisenhauer, N., Schuy, M., Butenschoen, O., Scheu, S.** (2009). Direct and indirect effects of endogeic earthworms on plant seeds. – *Pedobiologia*. Vol. 52, pp. 151–162.
  20. **Elmer, W.H.** (2012). Using earthworms to improve soil health and suppress diseases. [http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/fact\\_sheets/plant\\_pathology\\_and\\_ecology/using\\_earthworms\\_to\\_improve\\_soil\\_health\\_and\\_suppress\\_diseases\\_01-27-12.pdf](http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/fact_sheets/plant_pathology_and_ecology/using_earthworms_to_improve_soil_health_and_suppress_diseases_01-27-12.pdf) (16.02.2017).
  21. **Fonte, S.J., Kong, A.Y.Y., van Kessel, C., Hendrix, P.F., Six, J.** (2007). Influence of earthworm activity on aggregate-associated carbon and nitrogen dynamics differs with agroecosystem management. – *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 39, pp. 1014–1022.
  22. **Gerard, B.M., Hay, R.K.M.** (1979). The effect on earthworms of ploughing, tined cultivation, direct drilling and nitrogen in a barley monoculture system. – *Journal of Agricultural Science*. Vol. 93, pp. 147–155.
  23. **Grant, J.D.** (1983). The activities of earthworms and the fates of seeds. – *Earthworm ecology: From Darwin to vermiculture.* /Eds. Satchell, J.E. Chapman & Hall, London, pp. 107–122.
  24. **Guzyte, G., Sujetoviene, G., Zaltauskaite, J.** (2011). Effects of salinity on earthworm (Eisenia Fetida).



[http://leidykla.vgtu.lt/conferences/Enviro2011/Articles/1/111\\_114\\_Guzyte\\_others.pdf](http://leidykla.vgtu.lt/conferences/Enviro2011/Articles/1/111_114_Guzyte_others.pdf)

25. **Hansen, S., Engelstad, F.** (1999). Earthworm populations in a cool and wet district as affected by tractor traffic and fertilisation. – *Applied Soil Ecology*. Vol. 13, pp. 237–250.
26. **Imler, U.** (2010). Changes in earthworm populations during conversion from conventional to organic farming. – *Agriculture, ecosystems and environment*. Vol. 135, pp. 194–198.
27. **Iordache, M., Borza, I.** (2010). Relation between chemical indices of soil and earthworm abundance under chemical fertilization. – *Plant soil environmental*. Vol. 56, pp. 401–407.
28. **Ivask, M.** (2010). Vihmausside ja mulla biomassi aktiivsuse näitajate sõltuvus põllul läbi viidud tegevustest 2004.–2008. aasta seireandmete põhjal. Eesti Maaelu Arengukava 2007–2013 II telje püsihindamine. Põllumajandusuuringute keskus, kokkuvõte, lk 1–3. <http://pmk.agri.ee/mak/wp-content/uploads/sites/2/2017/01/Vihmauss2010.pdf> (16.01.2017).
29. **Ivask, M., Koorberg, P., Kuu, A., Truu, J.** (2006a). Vihmaussikoosluste parameetrite kasutamine indikaatorina põllumajandusliku keskkonnatoetuse hindamisel. – *Kaasaegse ökoloogia probleemid: loodushoiu majandushoovad: Eesti X Ökoloogiakonverentsi lühiaartiklid: Tartu 27. –28. aprill*. Tartu: Teadusühing IM SAARE, lk 51–56.
30. **Ivask, M., Kuu, A., Sizov, E.** (2007). Abundance of earthworm species in Estonia arable soils. – *European Journal of Soil Biology*. Vol. 43, pp. 39–42.
31. **Ivask, M., Kuu, A., Truu, M., Truu, J.** (2006). The effect of soil type and soil moisture on earthworm communities. – *Journal of agricultural science*. Vol. 17, pp. 3–11.
32. **Ivask, M., Kuu, A., Meriste, M., Truu, J., Truu, M., Vaater, V.** (2008). Invertebrate communities (Annelida and epigeic fauna) in three types of Estonian cultivated soils. – *European Journal of Soil Biology*. Vol 44, pp. 532–540.
33. **Ketterings, Q.M., Blair, J.M., Marinissen, J.C.Y.** (1997). Effects of earthworms on soil aggregate stability and carbon and nitrogen storage in a legume cover crop agroecosystem. – *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 29, pp. 401–408.
34. **Klok, C., Faber, J., Heijmans, G., Bodt, J., van der Hout, A.** (2006). Influence of clay content and acidity of soil on development of the earthworm *Lumbricus rubellus* and its population level consequences. – *Biology Fertility of Soils*. Vol. 43, pp. 549–556.
35. **Klok, C., Faber, J., Heijmans, G., Bodt, J., van der Hout, A.** (2007). Influence of clay content and acidity of soil on development of earthworm *Lumbricus rubellus* and its population level consequences. – *Biology Fertility of Soils*. Vol 43, pp. 549–556.
36. **Komatsuzaki, M.** (2008). Ecological significance of cover crops and no tillage practices for ensuring sustainability of agriculture and eco-system service. – *Ecosystem Ecology Research Trends*. /Eds. Chen, J., Guo, C. New York: Nova Science Publisher. 364 pp.
37. **Lapied, E., Nahmani, J., Rousseau, G. X.** (2009). Influence of texture and amendments on soil properties and earthworm communities. – *Applied Soil Ecology*. Vol. 43, pp. 241–

38. **Lauringson, E., Talgre, L., Roostalu, H., Makke, A.** (2011). Mulla huumusseisundi ja toitaite bilansi reguleerimise võimaluste ning haljasväetiskultuuride fütoproduktiivsuse selgitamine tava- ja maheviljeluse tingimustes. Tartu. Eesti Maaülikool. Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, lk 1-78. [WWW] [http://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/Lauringson\\_PMaruane.pdf](http://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/Lauringson_PMaruane.pdf).
39. **Lehocká, Z., Klimeková, M., Bieliková, M., Mendel, L.** (2009). The effect of different tillage systems under organic management on soil quality indicators. – *Agronomy Research*. Vol. 7, pp. 369–373.
40. **Leroy, B.L.M., Schmidt, O., Van den Bossche, A., Reheul, D., Moens, M.** (2008). Earthworm population dynamics as influenced by the quality of exogenous organic matter. – *Pedobiologia*. Vol. 52, pp. 139–150.
41. **Luik, A., Talgre, L., Eremeev, V., Sanchez de Cima, D., Reintam, E.** (2014). Talvised vahekultuurid parandavad külvikorras mulda. – *Konverentsi „Eesti mahepõllumajandus täna ja tulevikus” kogumik*. Tartu: AS Ecoprint, lk 56–59.
42. **Lukkari, T., Aatsinki, M., Väisänen, A., Haimi, J.** (2005). Toxicity of copper and zinc assessed with three different earthworm tests. – *Applied Soil Ecology*. Vol. 30, pp. 133–146.
43. **Marinissen, J.C.Y., de Ruiter, P.C.** (1993). Contribution of earthworms to carbon and nitrogen cycling in agro-ecosystems. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 47, pp. 59–74.
44. **Moos, J.H., Schrader, S., Paulsen, H.M., Rahmann, G.** (2016). Occasional reduced tillage in organic farming can promote earthworm performance and resource efficiency. – *Applied Soil Ecology*. Vol. 103, pp. 22–30.
45. **Morris, N., Miller, P., Froud-Williams, R.** (2010). The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment: a review. – *Soil & Tillage Research*. Vol. 108, pp. 1-15.
46. **Murchie, A.K., Blackshaw, R.P., Gordon, A.W., Christie, P.** (2015). Responses of earthworm species to long-term applications of slurry. – *Applied Soil Ecology*. Vol. 96, pp. 60–67.
47. **Overstreet, F.L., Hoyt, G.D., Imbriani, J.** (2010). Comparing nematode and earthworm communities under combinations of conventional and conservation vegetable production practices. – *Soil and Tillage Research*. Vol. 110, pp. 42–50.
48. **Owojori, O.J., Reinecke, A.J.** (2010). Effect of natural (flooding and drought) and anthropogenic (copper and salinity) stressor on the earthworm *Aporrectodea caliginosa* under field conditions. – *Applied Soil Ecology*. Vol 44, pp. 156–163.
49. **Paoletti, M. G.** (1999). The role of earthworms for assessment of sustainability and as

- bioindicators. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 74, pp. 137–155.
50. **Peigne, J., Cannavaciolo, M., Gautronneau, Y., Aveline, A., Giteau J.L., Cluzeau, D.** (2009). Earthworm populations under different tillage systems in organic farming. – *Soil Tillage Research*. Vol. 104, pp. 207–214.
  51. **Pelosi, C., Barot, S., Capowiez Y., Hedde, M., Vandenbulcke, F.** (2014). Pesticides and earthworms. A review. – *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 34, pp. 199–228.
  52. **Pelosi, C., Pey, B., Hedde, M., Caro, G., Capowiez, Y., Guernion, M., Peigné, J., Piron, D., Bertrand, M., Cluzeau, D.** (2014). Reducing tillage in cultivated fields increases earthworm functional diversity. – *Applied Soil Ecology*. Vol. 83, pp. 79–87.
  53. **Pierzynski, G. M., Sims, J. T., Vance, G. F.** (2005). Soils and environmental quality. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press. 592 pp.
  54. **Plakk, T.** (2006). Percomeetri kasutamine mullauringutes. – Saku. Eesti Maaviljeluse Instituut. Infoleht nr 183, pp 1-5. [http://adek.ee/public/files/Infoleht\\_183.pdf](http://adek.ee/public/files/Infoleht_183.pdf) (16.05.2017).
  55. **Rashid, M.I., de Goede, R.G.M., Nunez, G.A.C., Brussard, L., Lantinga, E.A.** (2014). Soil pH and earthworms affect herbage nitrogen recovery from solid cattle manure in production grassland. – *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 68, pp. 1-8.
  56. **Reintam, E., Sulp, K., de Cima, D.S., Luik, A.** (2013). Talviste vahekultuuride haljasväetiseks kasvatamise mõju vihmaussidele. – *Konverentsi "Eesti mahepõllumajandus täna ja tulevikus" kogumik*. Tartu: As Ecoprint, lk 80-83.
  57. **Schmidt, O., Curry, J. P.** (2001). Population dynamics of earthworms (Lumbricidae) and their role in nitrogen turnover in wheat and wheat–clover cropping systems. – *Pedobiologia*. Vol. 45, pp. 174–187.
  58. **Simek, M., Pizl, V.** (1989). The effect of earthworms (Lumbricidae) on nitrogenase soil. – *Biology and fertility of soils*. Vol. 7, issue 4, pp. 370–373.
  59. **Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J.** (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: a review of problems and opportunities for crop production and the environment. – *Soil and Tillage Research*. Vol. 118, pp. 66-87.
  60. **Springett, J., Gray, R.** (1997). The interactions between plant roots and earthworm burrows in pasture. – *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 29, pp. 612-625.
  61. **Streit, B.** (1984). Effects of high copper to lumbricid earthworm in sandy agricultural soil amended with Cu-enriched organic waste materials. – *Oecologia*. Vol. 64, pp. 381–388.
  62. **Talgre, L., Lauringson E.** (2014). Külvikorda sobivad vahekultuurid. – *Konverentsi „Eesti mahepõllumajandus täna ja tulevikus” kogumik*. Tartu: As Ecoprint, lk 89–92.
  63. **Timm, T.** (1999). Eesti rõngasusside (Annelida) määraja. A Guide to the Estonia Annelida. Loodusuurija käsiraamatud 1. Tartu–Tallinn: Teaduste Akadeemia Kirjastus, 208 lk.

64. **Timmerman, A., Bos, D., Ouwehand, J., de Goede, R.G.M.** (2006). Long-term effect on fertilisation regime on earthworm abundance in a semi-natural grassland area. – *Pedobiologia*. Vol 50, pp. 427-432.
65. **Tiwari, S.C.** (1993). Effects of organic manure and NPK fertilization on earthworm activity in an Oxisol. – *Biology and fertility of soils*. Vol. 16, pp. 293–295.
66. **Van Eekeren, N., de Boer H., Bloem, J., Schouten, T., Rutgers, M., de Goede, R., Brussaard, L.** (2009). Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. – *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 45, pp. 595–608.
67. **Winsome, T., McColl, J.G.** (1998). Changes in chemistry and aggregation of a California forest soil worked by the earthworm *Argilophilus papillifer eisen* (Megascoledidae). – *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 30, pp. 1677–1687.
68. **Wurst, S., Langel, R., Scheu, S.** (2005). Do endogeic earthworms change plant competition? A microcosm study. – *Plant and soil*. Vol. 237, pp. 123–130.

# SOIL TILLAGE AND FERTILISATION EFFECT ON EARTHWORM COMMUNITIES

## Summary

Nowadays there is a continuous intensification of land use, which affects the life process of soil organisms. Therefore, one good indicator to study impact of land use is earthworms, because they are directly or indirectly affected by different agricultural activities such as soil tillage, fertilization etc.

The aim on the master theses was to study in organic and conventional farming how soil tillage, cover crops growth, fertilization and crops influenced the abundance and biomass of earthworms. Earthworms were collected in September at Eerika in Tartu County and two south Estonia farms Hummuli Agro OÜ and Rannu Seeme OÜ. The treatments in Eerika experiment field were as following: Organic 0 – organic farming control plot; Organic I – cover crops as green fertilisers; Organic II – cover crops and manure (40 t per ha<sup>-1</sup> on average per rotation) used; Conventional 0 – conventional farming control plot where pesticides were used; Conventional 150 – intensive fertilisation (N150P25K95) and pesticides used. The crops in the rotation were: pea *Tudor* (2016 *Starter*), potato *Maret*, barley *Anni* with red clover undersowing, red clover *Varte*, winter wheat *Fredis*. The earthworms were collected by hand from the pits with measures of 40 by 40 cm and from the depth of 20 cm four times. In farm Hummuli Agro OÜ compared experiment were taken from fields which were fertilized with and without slurry. In Rannu Seeme OÜ farm experiment ploughed and minimal tillage fields were compared. The earthworms were collected by hand from the pits with measures of 20 by 20 cm from the depth of 30 cm thrice.

The result of Eerika field experiment revealed that pea and winter wheat had positive effect on the abundance and biomass of the earthworms, because they create more favorable habitats for earthworms. The earthworms were least abundant and had a smaller mass in the field where potato was grown due to intensive tillage and low food source. Similar results were observed in the plots with barley and clover undersowing. Besides the main crops, winter cover crops had an influential role. Winter cover crops as green

fertilizer and composted manure had a favorable effect on earthworms' abundance and biomass. The plots where cover crops were grown increase earthworms 11 % (three years average) compared with plots without cover crops. While in conventional farming used mineral fertilizer decreased earthworms' abundance and mass. Mineral fertilizer may had a direct negative effect on earthworms or through changes in soil acidity.

The results of two South Estonia fields' experiments revealed that in minimal tillage field earthworm abundance was slightly larger than in field, which was ploughed. However, there were no statistical significant difference between ploughed and minimal tillage fields. Earthworms' biomass were lower in minimal tillage plot, which means a high proportion of juvenile earthworms. Use of slurry increased earthworm abundance, but statistical significant effect were on biomass of earthworms, which refers to more favorable habitats.

The results showed that minimal tillage, winter cover crops and composted manure increased and mineral fertilizer decreased earthworm abundance and biomass. The results of this thesis confirmed the hypotheses with the exception that slurry did not decreased earthworm abundance and biomass. Therefore we find that using slurry increased abundance and biomass of earthworms by increasing the amount of organic matter and changed the soil environment suitable for worms.